PARTS OF THE ORIGINAL DOCUMENT

ARE OF POOR REPRODUCTIVE QUALITY

CERTAINES PARTIES DU DOCUMENT ORIGINAL

SONT DE PIÈTRE QUALITÉ DE REPRODUCTION

23367

WELDING INSTITUTE OF CANADA
INSTITUT DE SOUDAGE DU CANADA

CENTRE DU QUÉBEC
75, boul. de Mortagne, Boucherville (Qué.) J4B 6Y4
Tél.: (514) 655-9002 Télex: 055-61622

RAPPORT FINAL

REGULATION DES BILANS MATIÈRES ET ENERGIE POUR LE SOUDAGE À L'ARC

RC-175

Directeur du projet: J.-P. Boillot *
Auteur du rapport: Pierre Fafard *
Collaborateurs: Michel Lessard * *
Claude Michel * *
Guy Patenaude *
Jean Tremblay *

* Institut de Soudage du Canada - Centre du Québec
** Institut de génie des matériaux

Approuvé par :

Dr. N.F. Eaton
Président

IGM84-160-140
CNRC 23367

TABLE DES MATIÈRES

	SOMMAIRE.....	1
1.	INTRODUCTION.....	3
2.	INSTALLATION ET INSTRUMENTATION DU BANC GTAW....	5
2.1	POSITIONNEMENT DE LA TORCHE DE SOUDAGE.....	5
2.1.1	MATÉRIEL UTILISÉ.....	5
2.1.2	ALIMENTATION DES UNITÉS DE POSITIONNEMENT.....	6
2.1.3	CONTRÔLEUR DES MOTEURS PAS À PAS.....	6
2.2	MESURE ET CONTRÔLE DU COURANT DE SOUDAGE.....	7
2.2.1	MESURE DU COURANT.....	7
2.2.2	CONTRÔLE DU COURANT.....	7
2.2.3	CONTRÔLE MARCHE/ARRÊT.....	9
2.2.4	CONTRÔLE COMMANDE À DISTANCE/COMMANDE LOCALE....	9
2.3	INTERFACE DE MESURE ET DE CONTRÔLE DE LA VITESSE DE DÉVIDAGE.....	9
2.3.1	MESURE DE LA VITESSE DE DÉVIDAGE.....	10
2.3.2	CONTRÔLE DE LA VITESSE DE DÉVIDAGE.....	10

TABLE DES MATIÈRES(suite)

2.3.3 CONTRÔLE COMMANDE À DISTANCE/COMMANDE LOCALE... 12

2.4 INTERFACE DE MESURE DE LA TENSION DE SOUDAGE... 12

2.5 INTERFACE DE MESURE ET DE CONTRÔLE DE LA VITESSE DE SOUDAGE..... 12

2.6 CABINET MODULAIRE DES INTERFACES ÉLECTRIQUES... 13

3. SYSTÈMES DE DÉTECTION INFRAROUGE..... 14

3.1 PRINCIPE GÉNÉRAL DE FONCTIONNEMENT..... 15

3.2 CONCEPTION MÉCANIQUE..... 19

3.3 COMPOSANTES OPTO-ELECTRONIQUES..... 19

3.3.1 LES CAPTEURS..... 19

3.3.2 MONTAGE DES DÉTECTEURS AU «PBS»..... 20

3.3.3 LES CIRCUITS IMPRIMÉS..... 21

3.3.4 LES CABLES..... 21

3.3.5 POSITIONNEMENT DES DÉTECTEURS..... 23

3.3.6 COLLE À DÉTECTEUR..... 24

3.3.7 LES PRÉAMPLIFICATEURS..... 25

TABLE DES MATIÈRES (suite)

3.3.8	LE MULTIPLEXEUR ANALOGIQUE.....	26
3.3.9	LES JONCTIONS «PELTIER».....	27
3.3.9.1	ASSERVISSEMENT DE LA TEMPÉRATURE.....	28
3.4	CHOIX DE FIBRES OPTIQUES.....	30
3.4.1	ETUDE.....	30
3.5	EXPÉRIMENTATION D'UN SYSTÈME DE DÉTECTION IR..	31
4.	POSITIONNEMENT DE L'ÉLECTRODE AU CENTRE DU JOINT.....	33
4.1	INSTRUMENTATION.....	33
4.2	PROGRAMME P JOINT.....	35
5.	SUIVEUR DE JOINT EN GTAW AVEC CONTRÔLE DE LA HAUTEUR DE LA TORCHE.....	36
5.1	SUIVI DU JOINT.....	36
5.1.1	PROGRAMME PRINCIPAL.....	37
5.1.1.1	MODULE DE CORRÉLATION.....	38
5.1.1.2	COMMANDE DE MOTEURS.....	39
5.1.2	ROUTINE CALCUL DE LA LARGEUR DU JOINT.....	40
5.1.3	ROUTINE D'INTERRUPTION.....	40

TABLE DES MATIÈRES (suite)

5.2	CONTRÔLE DE LA HAUTEUR	41
5.3	ESSAIS AVEC SUIVEUR YZ	42
5.3.1	RÉSULTATS	42
6	CONCLUSION	45
	FIGURES	47

SOMMAIRE

Le présent rapport comprend trois sections fonctionnelles. Il s'agit premièrement d'une présentation de l'installation et de l'instrumentation du banc GTAW dans les nouveaux laboratoires de l'Institut de génie des matériaux à Boucherville. Les interfaces de mesure et de contrôle pour la tension de soudage, le courant de soudage, la vitesse de dévidage et la vitesse de soudage y sont présentés. Une description des unités de positionnement selon l'axe Y et l'axe Z fait aussi partie de cette section.

Deuxièmement, la conception de deux systèmes de détection infrarouge dénommés sous les vocables prototype numéro 1 (BIS) et prototype numéro 2 y est présentée en détail. On décrit le principe général de fonctionnement des systèmes IR, leur conception mécanique, la technologie opto-électronique utilisée, le choix de fibres optiques qui a été fait ainsi que les résultats premiers obtenus lors de l'utilisation de ces deux prototypes.

La dernière section porte sur les logiciels d'application développés pour l'asservissement du banc de soudage à l'arc «GTAW» . Le premier logiciel porte sur le positionnement de l'électrode au centre du joint au départ. On traite de l'instrumentation nécessaire à l'utilisation de ce logiciel et on présente en détail l'organigramme de contrôle. Le deuxième logiciel porte sur un suiveur de joint selon l'axe «Y» avec un module de contrôle de la hauteur Z. L'information est recueillie à partir du système

de détection infrarouge. On décrit les essais de suiveur qui furent effectués et on y présente aussi les résultats correspondants.

En conclusion, on énumère les développements futurs qui pourraient faire suite aux travaux déjà effectués.

1 - INTRODUCTION

La régulation des bilans matières et énergie pour le soudage à l'arc implique le contrôle précis de plusieurs paramètres. Il est d'une importance capitale de se donner les moyens nécessaires à un contrôle adéquat des paramètres les plus importants. Pour ce faire, l'utilisation d'un ordinateur de contrôle devient indispensable. La façon de relier cet ordinateur de contrôle au monde extérieur requiert la conception d'interfaces dédiées à l'application.

Pour répondre à ces besoins, le banc de soudage à l'arc GTAW a été relié au moyen d'interfaces appropriées à notre ordinateur de contrôle LSI 11/23 basé sur le «bus» CAMAC.

En plus du contrôle des paramètres, il importe de pouvoir bien positionner la torche de soudage au centre du joint, ce qui implique un suiveur de joint. Le coeur de notre système de suivi de joint est un module de détection infrarouge basé sur des détecteurs au sulfure de plomb.

Ce système permet de recueillir l'information nécessaire en cours de soudage directement de l'échauffement des plaques à assembler. Pour compléter tout ce matériel, des logiciels d'application sont requis. Le logiciel de suivi de joint et de contrôle de la hauteur de la torche utilisée est programmé en «Fortran» et est modulaire de façon à être facilement modifiable.

Le présent projet a permis en outre d'établir un puissant système de contrôle basé sur un ordinateur CAMAC et d'effectuer les premiers suivis de joints en procédé GTAW.

2 - INSTALLATION ET INSTRUMENTATION DU BANC GTAW

L'automatisation du banc GTAW consiste premièrement en l'installation de deux unités de positionnement permettant le déplacement de la torche de soudage selon son axe vertical et son axe transversal. Viennent ensuite les circuits d'interface pour la mesure de la tension de soudage, la mesure et le contrôle du courant de soudage, la mesure et le contrôle de la vitesse de dévidage et finalement l'asservissement de la vitesse de soudage.

2.1 - .POSITIONNEMENT DE LA TORCHE DE SOUDAGE

Deux unités de positionnement sont installées. La première unité offre un degré de liberté selon l'axe transversal au déplacement de la torche en cours de soudage. On se réfère dans le texte à cet axe par la dénotation «AXE Y». La deuxième unité permet un déplacement vertical de la torche. On dénote cet axe par l'appellation «AXE Z». Ces deux degrés de liberté sont nécessaires pour le suivi du joint et pour le contrôle de la longueur d'arc (voir figure 1, page 47).

2.1.1 - Matériel utilisé

Les unités de positionnement sont des tables de translation de la série Mt 160 de 'Micro-Controle'. L'unité de l'axe Y a une course maximum de 250 mm et l'unité de l'axe Z, une course 100 mm. Ces deux unités sont mues par des moteurs pas à pas (stepping motor) de marque «SLO-SYN» et de série «M062-FC03». Ces moteurs sont caractérisés par un incrément minimum de 1.8 degrés et un temps typique de 3.5 millisecondes par pas. Ils requièrent un courant de 1.6 ampères par enroulement.

L'ensemble,table de translation et moteur pas à pas,donne une résolution de 0.1 millimètre. Le poids maximum pouvant être rapporté en position verticale est de 6.8 kilogrammes.

2.1.2 - Alimentation des unités de positionnement

Le circuit d'alimentation donne une tension de sortie de 24 volts DC sous charge et peut débiter 3.5 ampères, ce qui est suffisant pour alimenter deux enroulements de moteur pas à pas «MO62» . Pour le deuxième moteur, un circuit équivalent est utilisé. Voir figure 2,(page 48) pour le circuit de base. Les enroulements des moteurs sont alimentés via deux résistances de 11 Ohms dont la fonction première est de limiter le courant dans les enroulements en régime permanent. La constante de temps du circuit moteur-résistance de limitation se trouve par le même fait améliorée.

2.1.3 - Contrôleur des moteurs pas à pas

Les deux contrôleurs de moteur pas à pas utilisés sont des modules «CAMAC» modèle SMC 160303.

Ces modules sont concus pour la commande de moteurs à quatre phases. L'accélération et la décélération sont ajustables linéairement de 20 millisecondes à 2 secondes. La fréquence des impulsions est aussi ajustable de 50 pas par seconde à 2000 pas par seconde. L'étage de sortie peut délivrer quatre ampères à 28 volts D.C., ce qui est suffisant pour les moteurs utilisés. La structure de commande CAMAC est bien élaborée et permet la lecture de registres spéciaux caractérisant le fonctionnement des contrôleurs et ce, en pleine action. Les figures 3 et 4 (page 49) montrent un contrôleur «CAMAC» ainsi qu'un schéma bloc de la structure interne du contrôleur.

Les ajustements de la fréquence des impulsions et des temps d'accélération et de décélération des contrôleurs ont été fixés pour obtenir une course possible de 10 pas en un temps de un dizième de seconde. La figure 5 (page 50) montre le diagramme d'interconnexions d'un moteur, du circuit d'alimentation et de son contrôleur.

2.2 - MESURE ET CONTRÔLE DU COURANT DE SOUDAGE

Le courant de soudage est un des paramètres les plus importants, il est donc intéressant de pouvoir effectuer un contrôle précis sur ce paramètre.

2.2.1 - Mesure du courant

La mesure du courant est réalisée en prenant la tension aux bornes du galvanomètre indiquant le courant de soudage. Ce galvanomètre est situé sur la façade avant de la source Hobart, (voir figure 6A, page 51). Un amplificateur d'isolation est utilisé pour recueillir le signal. Le gain de l'amplificateur d'isolation est ajusté à 100 (voir fig.6B, page 51). La tension maximum aux bornes du galvanomètre est de 100 millivolts. Un convertisseur analogique-numérique à pleine échelle de 10 volts D.C. est utilisé pour la mesure.

2.2.2 - Contrôle du courant

La figure 7 montre la section d'un circuit de contrôle de la source «Cyber tig» qui sera modifiée pour permettre le contrôle du courant par l'intermédiaire d'une commande de l'ordinateur CAMAC, (voir figure 7, page 52).

La section qui sera modifiée concerne le potentiomètre d'ajustement du courant de soudage «WELD CURRENT» . Ce potentiomètre est localisé entre deux amplificateurs opérationnels. Le connecteur «J 1» est utilisé pour les besoins de transfert entre un contrôle effectué sur la source et un contrôle commandé par l'ordinateur CAMAC. Le connecteur «J 1» dénommé « REMOTE CONTROL» est disponible sur la façade avant de la source «Cyber tig» (voir figure 6A,page 51)

La figure 8,(page 53) montre un schéma de principe du circuit de contrôle du courant. Le module d'interface que l'on ajoute pour permettre le contrôle du courant réalise la fonction mathématique C=AB/10. La première entrée A est la tension de commande correspondant au point de consigne du potentiomètre «WELD CURRENT» . La deuxième entrée du circuit vient de l'ordinateur «CAMAC». C'est la sortie d'un convertisseur numérique-analogique de pleine échelle 10 volts D.C. En variant cette entrée sur toute sa plage de fonctionnement, c'est-à-dire (0-10 volts D.C.), on obtient un contrôle continu du courant de soudage sur toute la plage permise par la source de courant. La limite étant la valeur d'ajustement du potentiomètre « WELD CURRENT » , la sortie « C » qui représente le résultat de la multiplication est retournée au circuit de contrôle de puissance de la source de courant « Cyber tig ».

Le circuit de la figure 9 (page 54) montre le circuit multiplicateur réalisant la fonction C=AB/10. Le circuit est basé sur le circuit intégré MC1595L de la compagnie 'MOTOROLA'. C'est un circuit multiplicateur analogique auquel on a ajouté un amplificateur opérationnel tampon de type «AD542» et deux amplificateurs d'isolation de type «289» . Ces derniers servent à isoler la masse de la

source « Cyber tig » de la masse de l'ordinateur « CAMAC ». Une procédure de calibration est nécessaire pour la mise en marche du circuit multiplicateur, elle est présentée à la figure 10 (page 55).

2.2.3 - Contrôle Marche /Arrêt

Dans le but de pouvoir commander à distance à partir de l'ordinateur « CAMAC » le cycle de départ et d'arrêt de la source, on utilisera les bornes A et B du connnecteur « J 1 ». Par l'intermédiaire d'un relais de contrôle, on démarre la source en interconnectant les bornes A et B. L'arrêt s'effectue en brisant ce lien. (se référer à la figure 11, page 56).

2.2.4 - Contrôle commande à distance/commande locale

La figure 12 montre un schéma d'interconnexion du circuit de contrôle de courant pour les deux options disponibles soient: la commande à distance et la commande locale. Pour le transfert d'un mode à l'autre, un relai est utilisé. Un contact normalement fermé est utilisé pour le mode « commande locale » de sorte qu'en tout temps, la source de courant peut être utilisée pour des travaux autres que le soudage adaptatif. Le relais de transfert sera localisé à l'intérieur de la source même. (voir figure 13, page 57).

2.3 - INTERFACE DE MESURE ET DE CONTRÔLE DE LA VITESSE DE DÉVIDAGE.

Le contrôle des paramètres pour le procédé GTAW exige que l'on puisse contrôler la quantité de fil d'apport que l'on ajoute en cours de soudage.

2.3.1 - Mesure de la vitesse de dévidage

La mesure de la vitesse de dévidage est effectuée en prenant la tension aux bornes de la génératrice tachymétrique disposée sur le mécanisme d'entrainement du fil d'apport. (voir figure 14, page 58). Les items représentés sont les suivants:

1 - Pivot d'entrainement du fil d'apport
2 - Moteur
3 - Engrenage de réduction de vitesse
4 - Gallets d'entrainement
5 - Génératrice tachymétrique
6 - Guide mécanique du fil d'apport

Le signal venant de la génératrice est filtré à une fréquence de coupure de 10 Hertz. Le signal est ensuite acheminé au module de conversion analogique numérique de l'ordinateur «CAMAC» (voir figure 15, page 59).

2.3.2 - Contrôle de la vitesse de dévidage

La figure 16 montre le circuit de contrôle manuel de l'entrainement du fil d'apport. Il s'agit du contrôleur «JET LINE » fourni avec le banc de soudage GTAW. Le potentiomètre de contrôle de la vitesse de dévidage est mis en évidence. Ce potentiomètre est disponible à l'extérieur du contrôleur pour l'opérateur du banc. Le contrôleur est basé sur un circuit intégré dénommé «EI5U CONTROL ».

Les plans détaillés de ce circuit n'étant pas disponibles nous avons dû effectuer certaines mesures pour pouvoir concevoir un circuit de contrôle de remplacement. La tension

mesurée aux bornes du potentiomètre d'ajustement de la vitesse est de 115 volts AC. Ceci nous permet de croire qu'il s'agit probablement d'un contrôleur à thyristors avec un angle d'amorçage contrôlé par un réseau passif RC dont le potentiomètre fait partie. Le circuit de remplacement pour le contrôle doit donc être complètement résistif pour simuler le plus idéalement possible le potentiomètre présent.

D'autres mesures nous ont permis d'établir que pour une vitesse de 1 pouce par minute, la résistance incluse dans le circuit par le potentiomètre de contrôle est de 25 milles ohms. Pour une vitesse de 30 pouces par minute, cette résistance devient 66 milles ohms. La plage d'intérêt pour le contrôle du fil d'apport sur ce banc est d'environ 1 à 30 pouces par minute.

La solution complète proposée et qui a été vérifiée est présentée à la figure 17, (page 61). Les signaux numériques de commutation (8 au total) proviennent d'un module de sortie de l'ordinateur CAMAC. Le principe de fonctionnement est le suivant: un réseau de résistances de valeurs déterminées pour représenter une échelle binaire, est utilisé pour simuler le potentiomètre de contrôle d'ajustement de la vitesse du fil d'apport. La précision du système est de 1/2 pouce par minute, valeur qui nous apparait suffisante pour un contrôle de fil d'apport. Si plus de précision s'avérait nécessaire un réseau passif à 12 bits pourrait être envisagé.

Les résistances sont toutes connectées en série avec chacune un contact de relais en connexion parallèle. Par une commande appropriée de chaque relais on peut alors choisir l'enchainement série de résistances désiré.

2.3.3 - Contrôle commande à distance/commande locale

Pour le contrôle à distance, par l'ordinateur CAMAC un relais de commutation est ajouté. Un contact normalement fermé est utilisé pour permettre en tout temps l'utilisation du système d'entraînement du fil d'apport en mode manuel standard. La figure 18 donne schématiquement la façon dont les interconnexions sont faites (voir page 62).

2.4 - Interface de mesure de la tension de soudage

La mesure de la tension de soudage s'effectue directement en échantillonnant la tension aux bornes de la torche; la figure 19 (page 63) montre le schéma électrique pour la mesure de la tension. Le signal échantillonné est d'abord conduit à travers un filtre de quatrième ordre à fréquence de coupure de 73 kilohertz. Par la suite, un amplificateur d'isolation amène le signal au convertisseur analogique numérique de l'ordinateur CAMAC. Le filtrage actuel est suffisant pour un départ avec haute fréquence, cependant pour une utilisation continue de l'émetteur haute fréquence de la source, d'autres essais devront être conduits dans le but de trouver un système de filtrage procurant une isolation complète à l'ordinateur. Actuellement, des dommages pourraient être causés au convertisseur analogique-numérique, si l'utilisation des hautes fréquences était continue. Voir la section 4 sur le positionnement de l'électrode au centre du joint pour de plus amples détails sur les essais de filtrage avec hautes fréquences.

2.5 - Interface de mesure et de contrôle de la vitesse de soudage

L'obtention d'une bonne soudure demande un contrôle constant de la géométrie du bain de fusion. Pour ce faire, il importe

de bien contrôler la vitesse de soudage. La mesure de la vitesse est effectuée par l'intermédiaire du signal obtenu de la génératrice tachymétrique couplée au moteur d'entrainement du chariot mobile. Le signal isolé est par la suite échantilloné par un convertisseur analogique-numérique de l'ordinateur «CAMAC».

Pour ce qui est de la commande de la vitesse de soudage, un convertisseur numérique-analogique de l'ordinateur «CAMAC »est utilisé pour la commande auxiliaire du contrôleur «JET LINE» du banc GTAW. Pour les détails de conception des circuits électriques, veuillez référer au projet «Contrôle adaptatif de la géométrie du bain de fusion» . Ce projet fait partie des travaux effectués par l'ISC et contractés sous le numéro de référence «OSD 82-00042» .

2.6 - Cabinet modulaire des interfaces électriques

Chaque circuit d'interface électrique discuté jusqu'à présent doit être cablé et installé dans un cabinet modulaire d'interfaces, (voir figure 20, page 64). Ce cabinet est conçu à partir de modules indépendants de type enfichables (« plug-in module »). Un module d'alimentation desservant les circuits d'interface est aussi disponible. Les travaux d'interconnexions n'ayant pas encore été terminés, les circuits conçus pour les différents contrôles ont été testés à partir de montage sur «bread-board ». Le cablage pour ces essais était temporaire et n'a servi qu'à ces besoins.

Actuellement deux conduits métalliques ont été installés entre le laboratoire de soudage et le laboratoire d'acquisition de données. Ces conduits sont terminés de part et

d'autres dans une boîte de jonction servant d'interconnexions avec les unités de contrôle de l'ordinateur «CAMAC» et avec les différentes composantes localisées sur le banc de soudage GTAW, (voir figure 21, page 65).

Ces conduits ont été rendus nécessaires par la forte propagation des ondes de hautes fréquences émises par le circuit d'allumage d'arc de la source « Cyber tig ». En effet, les hautes fréquences se propageant sur les cables causaient des pertes de contrôle à l'ordinateur «CAMAC ». Toutes les interconnexions temporaires doivent donc être cablées définitivement par l'intermédiaire de ces conduits métalliques.

3 - SYSTÈMES DE DÉTECTION INFRAROUGE.

L'acquisition de signaux infrarouges en cours de soudage est possible grâce à l'utilisation d'un système de détection opérant dans la région de l'infrarouge.

L'information est receuillie par une lentille et une barrette de fibres optiques intallée dans un boitier optique[1]. Les signaux lumineux sont par la suite acheminés à la section opto-électronique du système de détection infrarouge. L'énergie infrarouge captée par les détecteurs au sulfure de plomb «Pbs» est transformée en énergie électrique. Ces signaux sont ensuite amplifiés et traités par la partie électronique du système de façon à être directement lus par le convertisseur analogique-numérique de l'ordinateur de contrôle.

(1): Référence Travaux de l'ISC contracté sous le numéro OSD 82-00041 et intitulé 'Suiveur de joint pour le soudage à l'arc'.

3.1 - PRINCIPE GÉNÉRAL DE FONCTIONNEMENT

Le premier système de détection infrarouge conçu pour les besoins du soudage adaptatif utilisait un obturateur stroboscopique pour commuter les signaux infrarouges dirigés vers les détecteurs au « Pbs». Un signal de synchronisation était alors obtenu de ce mécanisme. La figure 22,(page 66)montre le principe de base d'une détection synchrone.

Le détecteur répond au signal commuté et y ajoute un signal basse fréquence qui sera filtré avant d'être amené au multiplicateur à quatre quadrants utilisé . La multiplication du signal commuté et du signal de référence donne une tension continue à la sortie du multiplicateur car les deux signaux ont toujours la même polarité. Ce système de détection est très performant et un prototype fut développé et utilisé par l'ISC dans le cadre des travaux contractés sous le numéro OSD 82-00042 et intitulé «Contrôle adaptatif de la géométrie du bain de fusion ».

Les principaux désavantages sont premièrement, l'utilisation d'un obturateur mécanique sensible aux vibrations, au choc et à l'usure et deuxièmement l'encombrement et la complexité de l'interface électronique nécessaire pour récupérer les signaux infrarouges et les traîter.

Les présents travaux ont donc porté sur les moyens disponibles pour traiter les signaux infrarouges sans l'utilisation d'un obturateur mécanique. Le premier principe à être essayé fut l'utilisation d'un circuit de polarisation à impulsion pour les détecteurs du Pbs. La figure 23,

(page 67) montre un tel circuit ainsi que les formes d'ondes obtenues. Les résultats sont décevants, le signal étant complètement enfoui dans le bruit.

La figure 24, (page 68) montre un deuxième circuit de polarisation pulsée utilisant une tension de 200 volts D.C. L'impulsion 'A' cause 'B' et une fois les transitoires du signal de polarisation amorties, une impulsion 'C' est transmise au circuit d'échantillonnage et de maintien de façon à livrer à l'amplificateur opérationnel de sortie le signal du détecteur au« Pbs». La figure 25,(page 69) montre le circuit électrique en détail. Le circuit se compose de trois sections, il s'agit: du pulsateur de l'alimentation, du circuit de synchronisation et du circuit d'échantillonnage et de maintien.

Le fonctionnement est comme suit: à une fréquence de 1.024 kilohertz, le circuit de synchronisation donne une impulsion 'BIAS' au circuit pulsateur de l'alimentation. Après un délai de 56 microsecondes, temps nécessaire au signal de l'alimentation pulsée de se stabiliser,une impulsion 'SAMPLE' est envoyée au circuit d'échantillonnage et de maintien. Ce dernier lit la tension aux bornes du détecteur Pbs et l'amène à l'amplificateur de sortie via un filtre passe bas de 100 hertz. Le filtre sert à adoucir les transitions entre chaque impulsion. Le circuit d'échantillonnage et de maintien utilisé est un circuit intégré monolithique de type 'LF 398'. Le circuit de synchronisation est basé sur un compteur en boucle qui génère les impulsions 'BIAS' (fréquence de 1.024 kilohertz et largeur d'impulsion de 64 microsecondes) et'SAMPLE' (délai de 56 microsecondes après l'impulsion 'BIAS' et largeur d'impulsion de 8 micro-secondes).

Finalement le circuit pulsateur de l'alimentation est déclenché lorsque l'impulsion «BIAS» est reçue. A cet instant, l'amplificateur opérationnel «AD 542» commande le transistor Q 1 et la tension aux bornes du détecteur devient négligeable. Par la suite, lorsque l'impulsion «BIAS» passe du niveau haut au niveau bas le transistor Q 1 cesse de conduire, la tension à son collecteur monte à 90 volts et le détecteur au Pbs est à ce moment polarisé à une tension d'environ 100 volts D.C. Peu après cette impulsion, le circuit d'échantillonnage et de maintien entrera en action. Les résultats n'étant pas suffisamment encourageants, le principe de polarisation pulsée fut abandonné.

L'autre avenue disponible est la réfrigération des détecteurs «Pbs» . En effet, la détectivité de ces composantes augmente grandement à une température de l'ordre de -30 degrés Celçius. Le circuit de la figure 26,(page 70) fut utilisé pour un banc d'essai. Deux circuits similaires furent utilisés pour amplifier les signaux captés par deux détecteurs au «Pbs» localisés côte-à-côte sur un module de réfrigération à effet «Peltier». Le même point de la source infrarouge fut focalisé sur les deux détecteurs et la dérive DC fut enregistrée.

La figure 27,(page 71)montre l'enregistrement des deux signaux de sortie des détecteurs. Les courbes « A » et « B » représentent les deux canaux et la courbe «A-B» montre clairement que les deux détecteurs ont dérivé dans le même sens. Pour ce banc d'essai, le contrôle de la température de refroidissement des détecteurs s'effectuait en boucle ouverte, d'où la dérive non négligeable des détecteurs causée par une variation de leurs tempé-

ratures. Les figures 28 et 29, (pages 71 et 72) montrent le module de réfrigération à effet «Peltier» utilisé. Il s'agit d'un système à trois étages permettant de refroidir deux détecteurs au «PBS» jusqu'à une température d'environ - 30 degrés Celcius. Suite à ces essais, un système de contrôle de la température de réfrigération en boucle fermé s'est avéré nécessaire.

Deux systèmes de détection infrarouge ont été conçus et réalisés dans le cadre de nos travaux. Nous référons à ces deux systèmes par les dénotations «Proto 1» et «Proto 2».

3.2 - CONCEPTION MECANIQUE

Le boîtier utilisé pour loger la circuiterie de contrôle est fait d'aluminium un quart de pouce. Quatre sections principales constituent ce boîtier. Premièrement, la section du module à fibre optique inclut un connecteur ainsi qu'une plaque de positionnement sur laquelle les fibres sont collées. Deuxièment, la section de réfrigération contient les détecteurs au sulfure de plomb fixés sur une plaque de cuivre. Troisièmement, la section électronique contient toute la circuiterie nécessaire à la préamplification des signaux parvenant des détecteurs au «Pbs», toute la circuiterie nécessaire de mise de niveau permettant une lecture des données par l'ordinateur de contrôle et aussi le circuit d'asservissement de la température de la chambre de réfrigération. Finalement, une section de ventilation où sont localisées les aillettes du puits de chaleur du module intégré de refroidissement à effet «Peltier», complète le système. La figure 30, (page 73)présente le dessin de conception du boîtier.

3.3 - COMPOSANTES OPTO-ELECTRONIQUES

Les principales composantes associées au système de détection infrarouge consistent en des capteurs au «Pbs», des préamplificateurs, les composantes d'un système de réfrigération ainsi que les éléments d'un circuit d'asservissement de température.

3.3.1 - Les capteurs

Il s'agit de traducteurs qui transforment les radiations infrarouges incidentes en variation de résistance. Ces détecteurs

sont construits à partir d'un film photo conducteur (le sulfate de plomb) déposé chimiquement sur un substrat de quartz à faible teneur en eau. Deux électrodes en or sont déposées sur ce film et font office de contact et de liaison avec les fils d'interconnexions extérieurs. L'ensemble est scellé par une fenêtre de même matériau que le substrat. Voir la figure 31,(page 74)pour une représentation typique de la construction d'un capteur. Les détecteurs ont une bande passante active en longueur d'onde de un à trois microns avec un maximum de détectivité à deux microns. Leur détectivité augmente à des basses températures de fonctionnement. Leur résistance interne mesurée à la température de la pièce et en obscurité varie d'environ 0.5 à 1.5 MΩ

Il est bon de noter que les détecteurs utilisés dans les prototypes numéro 1 (BIS) et 2 ont une surface active de un par un milllimètre.

3.3.2 - Montage des détecteurs au « Pbs »

La surface active des détecteurs étant de 1x1 mm, une grande précision est nécessaire pour s'assurer de leur alignement avec la fibre optique. La précision nécessaire est évaluée à $\pm$ 0.1 mm.

Les détecteurs sont montés sur une plaque en laiton pourvue à chaque extrémité de chevilles de positionnement permettant la fixation de la plaque au support des fibres optiques. Le même support à fibre optique est fixé au boîtier du système. La plaque de laiton servant de support des détecteurs est pressée contre les thermopompes à effet Peltier au moyen de quatre vis en nylon (10/32).

La plaque actuelle peut accueillir 32 détecteurs. Les fils conducteurs des détecteurs passent par des petits trous de un millimètre sous le support des détecteurs et sont guidés par des fentes jusqu'aux circuits imprimés (voir figure 32, page 75). Les figures 33A et 33B montrent un support de détecteurs terminé et prêt à assembler(page 76).

3.3.3 - Les circuits imprimés

Ces circuits, au nombre de deux sont localisés sous le support des détecteurs à chaque extrémité. Ils font le lien entre les détecteurs au Pbs et le connecteur d'interconnexion avec le monde extérieur. La figure 34,(page 77) montre une photo d'un des circuits imprimés du prototype numéro un. On y voit les fils provenant des détecteurs ainsi que les chemins d'alimentation. La tension de polarisation pour les détecteurs de 3 x 3 mm est de 100 volts DC.

Par contre pour les détecteurs de 1 x 1 mm, la tension n'est que de 25 volts DC. On retrouve cette basse alimentation dans les prototypes 2 et 1 (BIS). Pour plus de détails sur les tensions d'alimentation des différents éléments opto-électroniques voir le rapport RC-176 de l'Institut de Soudage intitulé « Contrôle des coordonnées spatiales d'une torche pour le soudage électrique à l'arc ».

3.3.4 - Les cables

Beaucoup de soin fût apporté au cablage des détecteurs « Pbs » dans le but de limiter au maximum l'apport calorifique apporté par ces fils à l'intérieur du bloc réfrigéré. Surtout pour la conception du prototype numéro un où l'efficacité du système de refroidissement à effet « Peltier » était faible.

La puissance thermique transportée par un fil peut s'exprimer de la façon suivante si on considère que le gradient thermique se repartit uniformément sur toute la longueur du câble.

$$P = T \left(\frac{K \cdot S}{L} \right)$$

où :

P est la puissance en watts

T est la différence de température en degrés Kelvin

K est la conductivité thermique du matériau en W/cm °K

S est la surface de coupe en cm^2

L est la longueur en centimètres

Les conducteurs longs et fins sont donc préférables pour limiter ce transport de puissance calorifique. Les fils choisis sont de calibre 40 avec une surface de coupe de 52×10^{-6} cm^2 et une longueur de 30 cm. Le nombre de conducteurs est de 40 dont 32 servent pour le transport des signaux de température et 8 servent à l'alimentation des détecteurs.

Avec cet arrangement, la puissance transportée est d'environ 17 milliwatts en prenant K=4 pour le cuivre et T=60°C. Cet apport calorifique est donc négligeable comparé au reste du montage, de l'isolation et des fuites d'étanchéité de la section réfrigérée. Les conducteurs numéro 40 ont été dégainés avec précaution, groupés pour être ensuite enfilés dans des tubes

thermo-rétractables. Ces fils sont soudés au connecteur du circuit imprimé et enduits d'époxy du côté des détecteurs de façon à les protéger mécaniquement. Se référer à la figure 35A, (page 77) pour une photo de l'ensemble.

L'autre extrémité de ce cable à fil numéro 40 est soudé à un cable plat conventionnel à l'extérieur de la chambre de réfrigération (figure 35B, page 78). Cette connection est coulée dans un bloc de plastique pour en améliorer la protection. Pour la construction du prototype numéro 2 l'importance d'avoir de très petits conducteurs est moins grande, car le module de réfrigération utilisé est une unité très efficace de la compagnie « MELCOR » (voir figure 35C, page 78). Les cables utilisés sont donc de calibre numéro 30 pour ce deuxième prototype.

3.3.5 - Positionnement des détecteurs

L'ajustement requis entre le support de fibres optiques et la plaque des détecteurs est très critique. En effet, le cercle lumineux projeté par chaque fibre optique doit absolument être inclus dans la surface du détecteur sous-jacent. Le diamètre de ce cercle est actuellement d'environ 0.8 mm (voir la section 3.4 pour les détails sur les fibres optiques utilisées). Les figures 36, 37 et 38 montrent le phénomène, (pages 79 et 80).

Pour la construction du prototype 1 qui utilisait des détecteurs de 3 x 3 mm, la tolérance sur le positionnement était d'environ $\pm$ 1 mm. Pour le prototype numéro 2 et numéro 1 (BIS), la tolérance sur le positionnement devient très critique.

La méthode utilisée consiste à coller un papier photographique sur le support des capteurs, à agencer le support de fibres précisément à l'aide des chevilles de positionnement, à illuminer les fibres optiques et à prendre une photo de l'image ainsi produite. (voir figure 39, page et figure 40, page 81).

Après développement de cette photo, un ensemble de points représente l'endroit exact où doit être positionné chaque détecteur. Par la suite, à l'aide d'un montage optique muni d'un laser He-Ne et d'un miroir ajustable, on positionne le pinceau de lumière sur un point de l'image, on découpe la portion de papier photographique nécessaire à l'emplacement du premier détecteur au Pbs et on colle ce détecteur en faisant coincider le mieux possible sa surface sensible avec le pinceau lumineux. Les figures 41, 42 et 43 montrent la procédure à suivre,(pages 82 et 83).

3.3.6 - Colle à détecteur

Les détecteurs sont fixés au support au moyen d'une colle. Les propriétés de cette colle sont très importantes en ce qui a trait à sa fiabilité lors du cyle de température en refroidissement et réchauffage. La première colle à être utilisée pour le prototype numéro 1 fut une colle à base d'époxy qui après quelques semaines de fonctionnement ne retenait plus les détecteurs au support. Pour régler ce problème, plusieurs essais ont été effectués avec différentes sortes de colles. Le test consistait à coller un morceau de verre sur un plaque de laiton et de soumettre l'ensemble à plusieurs cycles de refroidissement à l'azote liquide et de réchauffement jusqu'à la

température de la pièce. La meilleure adhérence fut obtenue à l'aide d'une colle élastique commerciale à base de silicone de la compagnie 'General Electric'.

3.3.7 - Les préamplificateurs

La figure 44 montre le schéma typique d'un préamplificateur pour un détecteur au Pbs. L'amplificateur opérationnel sélectionné est un « TL071 » de la compagnie « TEXAS INSTRUMENTS ». Son impédance d'entrée est très élevée($10^{12}\Omega$) et sa stabilité en température, excellente (10 volts /°C), (figure 44, page 84).

L'amplificateur opérationnel est utilisé dans un montage non inverseur avec deux limitations de la réponse en fréquence.

Il s'agit tout d'abord du condensateur C_F dont la fonction principale est d'éviter l'oscillation à l'étage de préamplification et de C_{IN} qui est l'élément actif d'un filtre passe-bas de 10 Hertz. La diode à l'entrée de l'étage sert de protection alors que la résistance « R » sert à protéger l'ensemble des préamplificateurs en cas de court-circuit d'un des détecteurs. En effet dans un tel cas, en l'absence de la résistance « R », l'alimentation + 25 volts DC entrerait en saturation et la tension aurait vite fait de tomber à zéro, ce qui entraînerait le malfonctionnement de tout le système.

Chaque préamplificateur est monté sur un support 20 broches pour filage à fil enroulé. La figure 45, (page 85) montre la disposition des composantes sur la carte de préamplification.

La calibration des préamplificateurs demande beaucoup de soins. Au moment de la mise en marche pour la première fois, l'impédance de chaque détecteur est mesurée et ce, à la température d'opération qui est d'environ 30° C et en obscurité. La figure 46 montre de quelle façon se fait cette mesure. Le courant entre le détecteur et la masse est obtenu,et en considérant le point B comme un point de masse, la valeur globale de RP et P_p est calculée en divisant par le courant obtenu, la valeur de la source de tension -15 volts DC. On choisit R_p égal à 75% de la valeur absolue et P_p égal à 50% de la valeur absolue de façon à permettre un ajustement acceptable de la tension de dérive de l'étage.

La prochaine étape consiste à ajuster le gain de chaque étage. On utilise pour ce fait, une source infrarouge uniforme et constante faite à partir d'une plaque d'acier de 1/8 pouce d'épaisseur de dimension 4 pouces par 1/2 pouce. On fait circuler un courant de 150 ampères dans cette plaque qui rougit et devient notre source de calibration. Chaque étage est ajusté pour un signal de sortie de 5 volts DC. Une fois les gains ajustés, on enlève la source de calibration et on revérifie la tension de dérive de chaque étage pour s'assurer d'un bon fonctionnement.

3.3.8 - Le multiplexeur analogique

Un multiplexeur analogique est utilisé pour visualiser en temps réel sur un oscilloscope le profil thermique obtenu à l'aide de système de détection infrarouge.

Le fonctionnement du circuit est simple. Un circuit d'horloge bâti autour d'un composant de type « 555 »

alimente un compteur binaire permettant de sélectionner un canal sur huit d'un multiplexeur analogique. Les 2 bits les plus significatifs du compteur servent à sélectionner un des quatre multiplexeurs par l'intermédiaire d'un circuit démultiplexeur. Un signal de synchronisation est aussi disponible pour synchroniser l'oscilloscope de mesure. La figure 47 (page 87) présente le circuit en détail. Le multiplexeur est localisé sur la carte d'amplification.

3.3.9. - Les jonctions «Peltier»

Une jonction « Peltier» est une matrice de pastilles à semiconducteur de type «N» ou « P » montées entre deux plaques de céramique (voir figure 48, page 88). Lorsqu'on fait circuler un courant dans le module, une des faces de la jonction refroidit alors que l'autre s'échauffe. La puissance de pompage thermique que l'on obtient est inversement proportionnelle à la différence de température entre les faces de la jonction. Sur le graphique de la figure 49 (page 89) Qc représente la puissance pompée pour un ΔT nul. Lorsque ΔT = 100% du ΔT maximum de la jonction, alors Q est nul.

Le calcul d'un étage s'effectue de la façon suivante: supposons que nous voulons maintenir la température du boîtier d'un transitor dissipant 10 watts à 10° Celcius avec un effet Peltier dont la face chaude sera refroidie par un radiateur dont la température est de 30° Celcius. Le ΔT est de 20° Celcius. La figure 50 (page 90) montre une liste partielle d'effets Peltier à ΔT maximum de 67.5° Celcius. Le ΔT représente environ 30% de la capacité de l'unité. En utilisant le graphique de la figure 49 (page 89) on trouve que 70% environ de la chaleur maximum de l'effet Peltier sera pompée. Par une règle de trois, on trouve que si 10 watts = 70%

alors Q max sera de 14.3 watts et représentera 100%. Le modèle cP 1.4-35-06L fera l'affaire avec un Qc maximum de 14.8 watts (voir figure 50, page 90). La puissance maximum dissipée par l'effet Peltier sera alors selon la figure 50 (page 90)

$$P = VI = 6A \times 4.24V = 25.44 \text{ watts}$$

Ajoutant à cela la puissance de 14.8 watts maximum qu'il peut évacuer, on obtient P total = 40 watts. Si la température ambiante est de 25°C et celle du radiateur de 30°C, la capacité d'évacuation du radiateur devra être de 1/8°C par watt. Cette technique fut utilisée pour le calcul du système de réfrigération du prototype 1.

3.3.9.1 - Asservissement de la température

La figure 51 (page 91) donne le circuit schématique d'une boucle fermée de contrôle de température à l'intérieur du réfrigérateur à effet Peltier. Le senseur utilisé est un détecteur au Pbs monté sur le support des détecteurs et fonctionnant dans l'obscurité. Son signal est traité par deux préamplificateurs de nivellement et retourné à l'amplificateur de puissance pour effet «Peltier». Cet amplificateur est contrôlé en tension (pour plus de détails sur cet amplificateur, voir le rapport RC-176 de l'Institut de Soudage du Canada intitulé «Contrôle des coordonnées spatiales d'une torche pour le soudage électrique à l'arc».

Avec le système de refroidissement à deux étages conçu par la compagnie «MELCOR» le circuit d'asservissement de la température est aussi simple que celui de la figure 51 (page 91). Par contre, le premier prototype a nécessité la conception d'un compensateur pour obtenir une stabilité opérationnelle. Ce compensateur n'étant plus utilisé, nous n'en faisons pas mention en détail.

Avec les nouveaux modules « MELCOR » maintenant installés dans les prototypes 2 et 1(BIS), on peut obtenir sans difficulté une température de fonctionnement de - 36° Celcius alors qu'avec le prototype 1, une température de - 28° Celcius était un maximum.

3.4 - CHOIX DE FIBRES OPTIQUES

Les systèmes de détection infrarouge requièrent l'utilisation d'un paquet de fibres optiques (Bundle). Ces fibres optiques sont localisées dans un boîtier optique solidaire de la torche et permettent de recueillir les radiations infrarouges émises par les plaques à assembler en cours de soudage. Ces fibres doivent laisser passer idéalement les grandes longueurs d'onde de façon à pouvoir recueillir des signaux de basses températures.

3.4.1 - Etude

Dans le but de déterminer les fibres optiques les plus appropriées pour une transmission de la lumière dans la zone de 2 à 2.5 micromètres, deux montages expérimentaux ont été utilisés.

Il s'agit tout d'abord d'une étude spectrométrique de la transmission des fibres pour déterminer l'atténuation en dB/M en fonction de la longueur d'onde. La figure 52, (page 92) montre le montage expérimental. Il s'agit d'un spectromètre interférentiel infrarouge à transformée de Fourier (1.3 à 25 m) modifié pour la caractérisation des fibres optiques. Parmi les fibres testées, une de celle-ci présente une courbe d'atténuation plus faible que les autres (voir figure 53, page 93). Sur cette figure, on y retrouve les courbes d'atténuation de trois fibres optiques, Il s'agit tout d'abord de la fibre QSF-AS-200/300 utilisée actuellement sur le prototype numéro 2; la fibre ANHYDROGUIDE utilisée actuellement sur le prototype numéro 1 (BIS) et la fibre SUMITOMO FC-100 qui présente la plus faible atténuation dans la zone de 2 à 2.5 micromètres.

Le deuxième test qui fut effectué est une étude de la transmission de la puissance IR en fonction de la température. La figure 54, (page 94) montre le montage expérimental. Le test est effectué avec le module opto-électronique du capteur à 10 fibres.(1)

La procédure consiste à mesurer le signal maximum pour une température maximale et par la suite les mesures subséquentes sont normalisées par rapport à cette valeur pour chaque baisse graduelle de température. L'atténuation est donnée en dB en fonction de la température mesurée par un thermocouple.

Parmi les fibres testées, les deux fibres qui se sont le plus distinguées sont: la fibre «CORNING 100/140» et la fibre «SUMITOMO Fc-100/140».

La figure 55 (page 95) montre les résultats de ces deux fibres en comparaison avec les fibres actuellement utilisées soient: la fibre «Quart et Silice» et la fibre «Anhydroguide». Le tableau 1 (page 96) donne les caractéristiques des fibres optiques actuellement utilisées ainsi que les caractéristiques de la fibre présentant la plus faible atténuation lors des essais. La figure 56 (page 97) montre une barrette de fibres optiques assemblées et installées dans son boîtier optique.

3.5 - EXPÉRIMENTATION D'UN SYSTÈME DE DÉTECTION IR

Les prototypes complets numéro 2 et 1 (BIS) ont été installés respectivement sur les bases GMAW ET GTAW. Les premiers résultats obtenus sont montrés aux figures 57, 58 et 59 (page 98). Ces photos ont été effectuées

(1) Rapport RC-128 de l'Institut de Soudage du Canada intitulé «Contrôle adaptatif de la géométrie du bain de fusion en soudage à l'arc.

en cours de soudage et montrent les signaux obtenus des 27 fibres actives.

Les paramètres de soudage utilisés étaient:

Acier A36 avec calamine
Ecartement:3 mm (bout à bout)

Epaisseur des plaques:5 mm

Vitesse de soudage: 2 mm/s

Courant de soudage: 100 ampères

Gaz argon pur: 20 pi ^{3}/heure

Distance de balayage: 5 mm

Grossissement de l'optique:1.1/1

Les essais ont été effectués sans fil d'apport. La figure 60 (page 99) montre une photo du prototype 1(BIS) installé derrière le banc GTAW dans les laboratoires de l'Institut de génie des matériaux.

4 - POSITIONNEMENT DE L'ELECTRODE AU CENTRE DU JOINT

Dans le but de pouvoir positionner précisément l'électrode d'une torche GTAW au centre du joint avant l'amorçage, un programme de positionnement de l'électrode a été développé. L'opérateur positionne la torche grossièrement à une distance transversale au joint ne dépassant pas 10 mm et ce, d'un côté déterminé à l'avance. La distance entre l'électrode et la plaque doit aussi être inférieure à 10 millimètres. Par la suite, le programme est démarré et le positionnement fin est effectué.

4.1 - INSTRUMENTATION

Le principe de base pour déterminer si l'électrode fait contact avec la pièce à souder est simple. Une source de tension de quinze volts DC est connectée aux bornes de la torche à souder et de la plaque. Cette source fonctionne avec une limite de courant qui est ajustée à 200 milliampères pour les besoins de l'essai. A la figure 61, on présente le schéma d'interconnexions du circuit d'essai. Un filtre en 'T' de la compagnie SAE modèle GA-1A est utilisé pour protéger des hautes fréquences émises par la source lors de l'allumage de l'arc, la source de pointage et l'amplificateur d'isolation amenant les signaux à l'ordinateur «CAMAC». Une diode de protection D_1 est aussi utiliséepour couper la tension à vide de la source de soudage (de l'ordre de 80 volts DC). Les figures 62 et 63 donnent le schéma électrique du filtre ainsi que sa réponse en fréquence,(page 101).

Le pointage est d'abord effectué avec la source de soudage éteinte. Lorsqu'il y a contact entre l'électrode et la pièce une tension nulle est amenée au convertisseur ana-

logique-numérique de l'ordinateur CAMAC et le programme 'P Joint' procède avec cette information. Une tension d'environ 1.5 volt DC est obtenue lorsque l'électrode ne fait pas contact.

Deux inconvénients ont été rencontrés avec ce montage. Premièrement avec le filtre SAE, il n'a pas été possible d'obtenir des résultats aussi bons que ceux indiqués dans sa courbe de réponse en fréquence. En effet, le signal haute fréquence émis par la source lors de l'allumage est de l'ordre de quelques kilovolts dans une gamme de fréquence variant de 1 à 10 Megahertz. Le signal devrait donc être atténué d'environ 40 DB soit des tensions crêtes de l'ordre 10 volts. En réalité des crêtes d'environ 100 volts étaient mesurées côté de la source de pointage, ce qui à la longue endommagerait la source de laboratoire utilisée pour les essais.

Du même ordre, la source de laboratoire utilisée (ANATEK modèle 25-20) est conçue avec un condensateur de sortie de l'ordre de 1000 microfarads. Donc à chaque fois que l'électrode touche la plaque, la source entre en mode de limite de courant et sa tension tombe à zéro, ce qui cause un 'stress' réel au condensateur de sortie.

Pour régler ces deux problèmes un autre circuit a été développé. Il est représenté à la figure 64. Une source de courant est construite à partir d'un bloc d'alimentation 12 volts et d'un transistor monté en source de courant. Le filtre utilisé est fait de composantes discrètes et offre une fréquence de coupure

de 73 Kilohertz. L'atténuation est telle que des signaux parasites de l'ordre d'une vingtaine de volts seulement sont mesurés du côté de la source de pointage, ce qui est acceptable.

A noter que des essais ont été effectués dans le but d'utiliser la source de soudage en circuit ouvert avec un courant minimum comme source de pointage. Le problème rencontré est l'apparition de marques sur la plaque à souder à chaque positionnement. Ces marques sont dues à un arc faible qui s'établit au contact de l'électrode avec la plaque. Par contre l'électrode ne semble pas contaminée même après plusieurs essais.

Des essais d'amorçage de l'arc au contact de la pièce ont aussi été faits mais cette fois-ci la contamination de l'électrode est réelle.

4.2 - PROGRAMME P JOINT

Le programme est rédigé en«fortran»sur l'ordinateur CAMAC. Ce programme principal consiste en un module qui boucle continuellement et en une sous-routine de vérification qui surveille les statuts du contrôleur de moteur pas-à-pas de l'axe vertical de la torche. Les figures 65 à 73 montrent les organigrammes détaillées ainsi que la liste des variables utilisées par P JOINT dans ses algorithmes. Le module principal « P JOINT » est subdivisé en modules secondaires pour faciliter la lecture et le dépépinage. Le programme tel que présenté fonctionne très bien et aucun problème n'a été rencontré lors de son utilisation.

5 - SUIVEUR DE JOINT EN GTAW AVEC CONTRÔLE DE LA HAUTEUR DE LA TORCHE

5.1 - SUIVI DU JOINT

Les organigrammes du programme suiveur sont montrés aux figures 74 à 89. Le programme fonctionne sur interruption de l'horloge en temps réel. La fréquence des interruptions peut être ajustée entre 1 et 10 Hertz.

La figure 74 (page 112) représente l'organigramme général du programme suiveur. Après l'initialisation générale du système, un délai d'attente peut être inséré pour prévoir la formation du bain de soudure avant d'entreprendre des calculs. A chaque interruption de l'horloge en temps réel, un compteur est incrémenté jusqu'à ce qu'il atteigne le nombre désiré. Ce délai peut être enlevé si on le désire. Par la suite, on exige un nombre minimum de calculs de la largeur du joint avant d'entreprendre l'analyse du profil thermique de la plaque.

Une fois le nombre désiré atteint, on calcule une régression sur le nombre de calculs de largeur de joint fait. Suit l'analyse du profil thermique obtenu du système de détection infrarouge à 27 détecteurs. Le module d'analyse utilise un principe de corrélation du signal acquis basé sur deux fenêtres de largeur constante. Le signal d'erreur déterminant la correction à apporter à la torche de soudage est obtenu et le module de commande entre en action. Par la suite à chaque nouvelle interruption, la largeur du joint est calculée, la régression est faite sur la largeur du joint et l'analyse des signaux recommence.

5.1.1 - Programme principal

La première tâche effectuée est l'initialisation du système général ainsi que l'armement de l'horloge en temps réel (voir figure 75, page 113). Le compteur de la formation du bain est incrémenté et un test est effectué pour vérifier si le bain est formé. Si ce n'est pas le cas, le programme attend sur le drapeau d'attente de la prochaine interruption. Une fois le bain formé, le compteur d'appréciation du nombre de calculs de largeur de joint est incrémenté et un test est effectué. Si la condition minimale n'est pas rencontrée, une largeur de joint est calculée avec les nouvelles données et le programme retourne sur son drapeau d'attente de la prochaine interruption. Lorsque la condition est satisfaite, une régression peut être calculée sur le nombre de largeurs emmagasinées. Pour le cas présent, la régression est effectuée sur trois mesures.

Le module de corrélation entre ensuite en action. Le principe de corrélation utilisé est le suivant. Une courbe basée sur 27 points est définie à l'aide de deux fenêtres de largeur 5 points. Cette mesure est empirique et fut déterminée antérieurement. De cette façon, la corrélation peut être exprimée par une formule simplifiée (voir figure 76, page 114). La courbe typique approximative est donc balayée sur le véritable profil à partir de la première fibre. Tous les points à l'intérieur des fenêtres sont additionnés pour donner un calcul de corrélation. Par la suite, il s'agit de déterminer à quel endroit se retrouve le maximum de corrélation pour obtenir une indication de l'emplacement de la torche soudage. Par la suite, la commande viendra corriger l'erreur de position s'il y a lieu.

5.1.1.1 - Module de corrélation

Débutons avec la figure 77. Le paramètre « n » est calculé à partir du calcul regressé de la largeur du joint (voir figure 76 pour la signification du paramètre « n »). La valeur minimum permise pour « n » est fixé à 3. Si le calcul donne une valeur inférieure, le programme assume la valeur 3. Le compteur indiquant le numéro de la corrélation est incrémenté et un test est effectué pour vérifier si toutes les corrélations ont déjà été calculées. Si ce n'est pas le cas, un calcul de corrélation est effectué pour cette position. Une fois toutes les positions calculées, le module de recherche des maximums de corrélation entre en action. L'organigramme est représenté à la figure 78.

Un compteur pour la recherche des maximums de corrélation est d'abord incrémenté et un test est effectué pour vérifier si la recherche est terminée. Si ce n'est pas le cas, chaque calcul de corrélation est examiné en traitant le tampon contenant les calculs de corrélation. La figure 79 montre la procédure lors de la détection d'une augmentation de corrélation. Un drapeau est initialisé pour nous permettre de reconnaître si un plateau est obtenu. Aussi longtemps que le contenu du tampon présente une augmentation de corrélation ou un plateau, le module est actif. S'il existe un maximum de corrélation, il y a une diminution qui se présente et à ce moment, le module " Diminution de corrélation" entre en jeu. La figure 80 présente ce module. Un compteur de maximum de corrélation est incrémenté et le centre du maximum de corrélation est calculé.

Par la suite un drapeau indique si au moins un maximum de corrélation a été trouvé lors du traitement du tampon.

Une fois le tampon traité, il s'agit de déterminer quel est le plus grand des maximums de corrélation déjà trouvés. L'organigramme présenté en figure 81 (page 119) se charge de cette fonction et appelle le module «COMMANDE» responsable du positionnement de la torche de soudage.

5.1.1.2 - Commande de moteurs

L'organigramme de la commande des moteurs est présenté aux figures 82 et 83. Le premier test est de vérifier si on a une commande à donner. Si c'est le cas, on calcule le numéro de la fibre localisée au centre du joint et par la suite, le déplacement initial nécessaire pour repositionner la torche au centre de ce joint. Le nombre de pas des moteurs est calculé pour effectuer ce déplacement initial. Une rotation dans la table des déplacements initiaux est effectuée et les deux déplacements antérieurs sont corrigés par un changement d'axe correspondant à la commande antérieure effectuée. Un calcul de régression sur ces déplacements est effectué et une correction géométrique tenant compte de la pente du joint est aussi faite.

Faisant suite, la commande finale est calculée puis comparée à la largeur du joint. En effet, on ne permet pas qu'une commande unique puisse être supérieure en valeur absolue à la largeur du joint. La commande est donnée au contrôleur du moteur et le programme retourne attendre sur son drapeau d'attente pour la prochaine interruption.

5.1.2 - Routine calcul de la largeur du joint

La figure 84(page 122)montre l'organigramme général de la sous-routine. Un compteur pour la recherche des points d'inflexion. Le tampon qui est traité contient l'information recueillie lors d'un balayage de la série de détecteurs infrarouges.

Si une augmentation de température est détectée, (voir figure 85,page 123)un drapeau est initialisé de façon à prévoir la possibilité de l'établissement d'un plateau. Par la suite, le module «Augmentation de température» est actif tant et aussi longtemps qu'une diminution n'est pas détectée. A ce moment, la module «Diminution de température» entre en action (voir figure 86, page 124) Un compteur du numbre de points d'inflexion est incrémenté, une condition d'erreur est vérifiée et si tout est conforme alors le centre du maximum de température est mémorisé et le traitement du tampon continue. Le tampon complètement traité, un calcul de la largeur du joint est alors effectué (voir figures 87 et 88, pages 125 et 126). On initialise un indice de calcul des deux plus grands points d'inflexion à maximum et on traite le tampon contenant les points d'inflexion à maximum. Une fois les deux plus grands maximums localisés, on peut alors calculer la largeur du joint correspondant. On considère comme largeur du joint, la distance entre les deux maximums calculés.

5.1.3- Routine d'interruption

Une initialisation globale est d'abord effectuée. Par la suite, les 27 canaux de détection infrarouge sont échantillonnés et disposés dans un tampon qui sera utilisé par le programme principal. L'horloge en temps réel est ré-

amorcée pour la prochaine interruption et un drapeau indiquant que de nouvelles données sont disponibles est aussi armé. L'organigramme est représenté à la figure 89 (page 127).Le tableau «Définition des variables» à la page 128 énumère toutes les variables utilisées par la programme suiveur.

5.2 - Contrôle de la hauteur

Le contrôle de la hauteur de la torche de soudage est rendu nécessaire pour s'assurer de toujours effectuer le suivi du joint à partir d'un signal échantillonné convenable. De plus, en soudant des pièces gauches (il est absolument nécessaire de pouvoir asservir la hauteur de la torche de façon à contre-balancer ce gauchissement.

Le principe de base utilisé consiste à asservir la hauteur de la torche de façon à ce que le signal maximum obtenu lors de la détection se situe à l'intérieur d'une fenêtre de travail, (voir figure 90, page 133). Cette fenêtre est déterminée empiriquement et dépend du système de détection infrarouge utilisé.

L'organigramme de la figure 91(page 134)montre les étapes du contrôle. Le signal thermique est d'abord échantillonné. Le point le plus haut du signal est trouvé et ce point est comparé à la fenêtre de travail. Si le point est au dessus de la fenêtre,signifiant que le balayage est effectué trop près du bain, alors la torche est descendue de façon à s'éloigner du bain. L'inverse se produit si le point maximum est en dessous de la fenêtre de travail. Il est à noter que ce module de contrôle de la hauteur est inséré dans le programme de suivi de joint. Le tableau à la figure 92 : page 135) donne la définition des variables utilisées.

5.3 - Essais avec suiveur YZ

Les essais effectués ont été faits sur des tôles d'acier A-36 d'épaisseur 2,8 mm avec un joint de 2 mm de largeur. Le prototype infrarouge utilisé pour la détection fut le prototype numéro deux. Avec un grossissement de 1:1 la résolution d'un point focalisé sur la plaque est de 0.31 millimètre.

5.3.1 - Résultats

Les premiers essais ont été effectués sur des plaques inclinées d'environ cinq degrés. De bons résultats sont obtenus à des vitesses de soudage allant de 2 à 10 millimètres par seconde. Le problème majeur rencontré est le passage des tacs de soudure, en effet, le principe d'analyse de signaux par la corrélation ne permet pas de reconnaître un tac de soudure. Lors du passage d'un tac, les signaux obtenus montrent un seul maximum (voir figure 93A, page 136) Si le point est meulé de façon inégale, alors le signal obtenu s'apparentera à la figure 93B (page 136) ce qui a pour conséquence d'ajuster le profil de corrélation sur le maximum et de faire sortir la torche du joint. De bons résultats ont quand même été obtenus pour des plaques gauches et des plaques en profil «S», (voir les figures 94, 95 et 96, page 137)

Les essais ont été effectués à des fréquences d'échantillonnage variant de 1 HZ à 5 HZ avec des résultats satisfaisants. Certains essais ont été effectués à 10 Hertz, sans bons résultats. Les vibrations mécaniques occasionnées par l'entraînement rapide des moteurs pas à pas amènent un signal de détection erratique et très difficile à traiter. Visuellement, on remarque sur l'oscilloscope la forme du signal

tout à fait déformée. La mécanique du support de la torche et du boîtier optique devrait être améliorée pour nous permettre de travailler à 10 Hertz.

Une autre faiblesse du logiciel actuel vient du fait qu'une correction de synchronisation est nécessaire étant donné que la ligne de balayage des points focalisés sur la plaque ne coïncide pas avec la position de l'électrode. On a donc recours à ce subterfuge pour évaluer la pente du joint. Une solution à ce problème est l'utilisation d'un registre de décalage des commandes. Cette modification devra être effectuée dans une prochaine version du programme suiveur.

Pour ce qui est du contrôle de la hauteur de la torche, le système actuel présente certains inconvénients. En effet, pour des pentes montantes et descendantes, le logiciel n'ajuste pas la hauteur de la même façon. La figure 97 (page 138) montre le problème. Comme on peut le voir, pour une même hauteur de torche, la distance de balayage à partir de l'axe de l'électrode est différent selon la pente des plaques à souder. Il s'en suit alors que l'asservissement de la hauteur basé sur les signaux thermiques échantillonnés par le boîtier optique produiront un contrôle différent qui résultera en une hauteur «h» finale différente dans les trois cas en question. Une façon de remédier à ce problème est de mémoriser au départ la position absolue de la torche et de garder en mémoire tous les déplacements futurs de façon à calculer la pente de la plaque à souder. Avec cette pente, un facteur de proportionnalité pourrait être utilisé par l'asservissement sur la hauteur pour compenser cette erreur de mesure.

De plus, on peut remarquer même sur des plaques horizontales que le contrôle est dépendant de l'angle que fait le boîtier

optique avec la plaque (voir figure 98, page 139). En effet, pour un angle faible, une meilleure résolution a été observée car une petite variation de la hauteur «Z» entraine une grande variation de «X». Ceci est dû au fait que le gradient de température à l'avant du bain de fusion est faible. Par contre pour le suivi du joint, il est préférable d'avoir un angle le plus grand possible de façon à ne pas être gêné par le bain de fusion. Une optimisation de cet angle est donc requise.

En résumé, pour pouvoir effectuer un bon contrôle de la hauteur de la torche en soudage GTAW, un logiciel d'asservissement plus intelligent est exigé. Sachant que les contrôles actuels d'asservissement de la hauteur basés sur la mesure de la tension de soudage fonctionnent bien, il faut voir si la complexité requise pour obtenir un bon contrôle par signaux infrarouges est encore intéressante. D'autres essais sont requis pour prendre une décision finale à ce sujet.

Le programme suiveur devra lui,être amélioré en analysant le signal à partir de la dérivée première de la courbe plutôt que de l'étude de la corrélation actuelle. Des essais probants ont déjà été effectués en soudage GMAW et ont montré des résultats supérieurs en ce qui a trait au passage des points de soudure.

6 - CONCLUSION

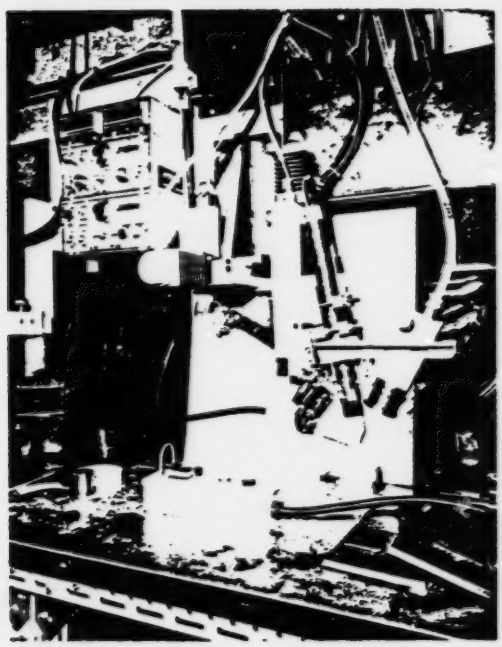
Les résultats obtenus nous ont permis de montrer l'utilisation d'un système de détection infrarouge intégré avec un boîtier optique extérieur à la torche tout en étant solidaire. Les signaux obtenus de ces prototypes IR présentent des contrastes tout à fait appropriés pour être utilisés dans un suiveur de joint.

Afin de continuer les travaux dans ce domaine, plusieurs améliorations devront être apportées. En effet, la construction d'un prototype IR demande énormément d'effort et de temps d'homme. La solution serait de pouvoir obtenir un circuit intégré contenant déjà à son bord un grand nombre de détecteurs au Pbs, l'électronique de préamplification, les circuits de multiplexage et le module de refroidissement. Des démarches qui ont d'ailleurs été entreprises en ce sens montrent la faisabilité de réaliser un tel circuit. Cependant, actuellement les coûts de développement étant très élevés, il s'avère impensable de faire construire une telle unité en petites quantités.

Pour continuer avec la même technologie, la planification d'un troisième prototype est déjà effectuée et des travaux en ce sens pourraient faire suite au présent contrat. Il s'agit d'un prototype pouvant accueillir 110 détecteurs correspondant à une tête de détection comprenant deux lignes de 55 fibres chacune.

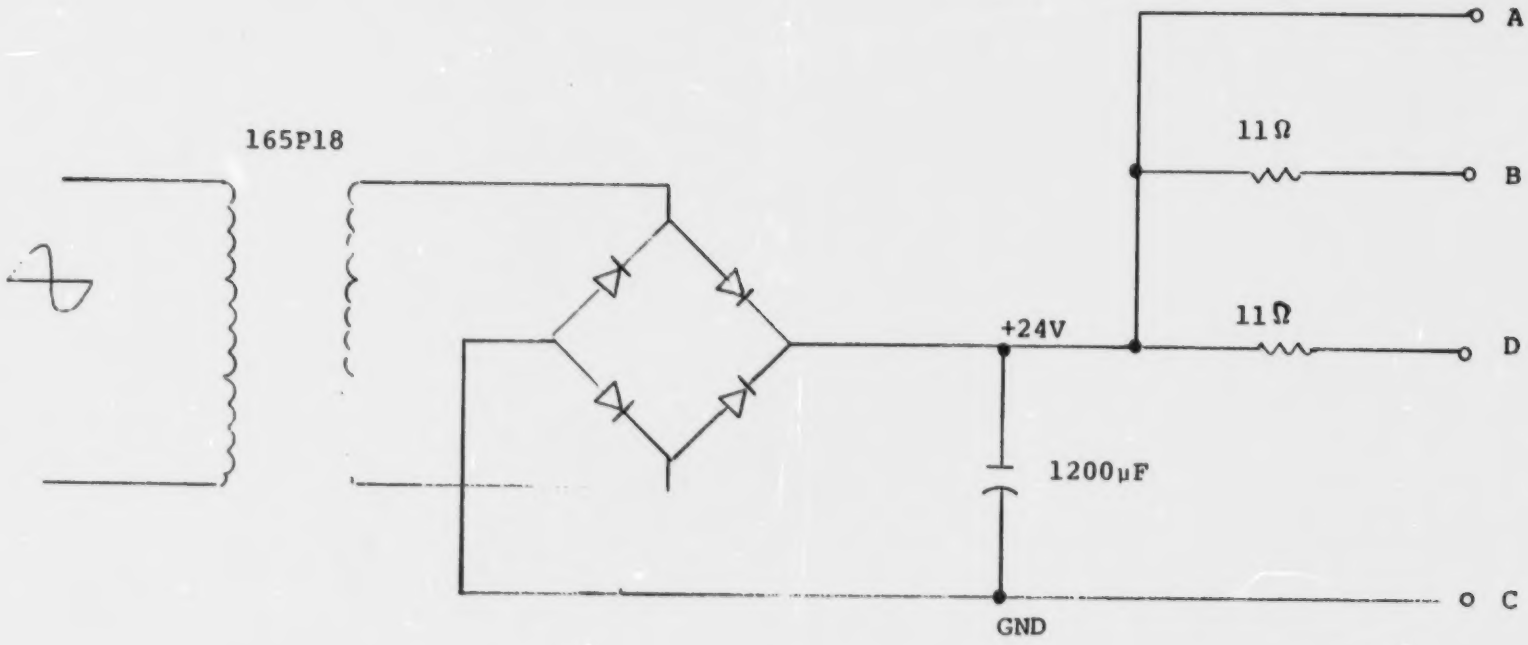
Pour ce qui est des fibres optiques, une grande amélioration pourrait survenir au cours de l'année prochaine. En effet,

certains manufacturiers ont annoncé la sortie de fibres pouvant transmettre dans la région de l'infrarouge. L'utilisation de telles fibres dans un prototype de détection infrarouge actuel permettrait d'augmenter la distance entre la torche et la ligne focalisée ce qui faciliterait l'utilisation avec le suiveur de joint.



POSITIONNEMENT DE LA TORCHE DE SOUDAGE GTAW AU MOYEN DE DEUX TABLES DE TRANSLATION

FIGURE 1



CIRCUIT D'ALIMENTATION DES MOTEURS PAS-À-PAS

FIGURE 2

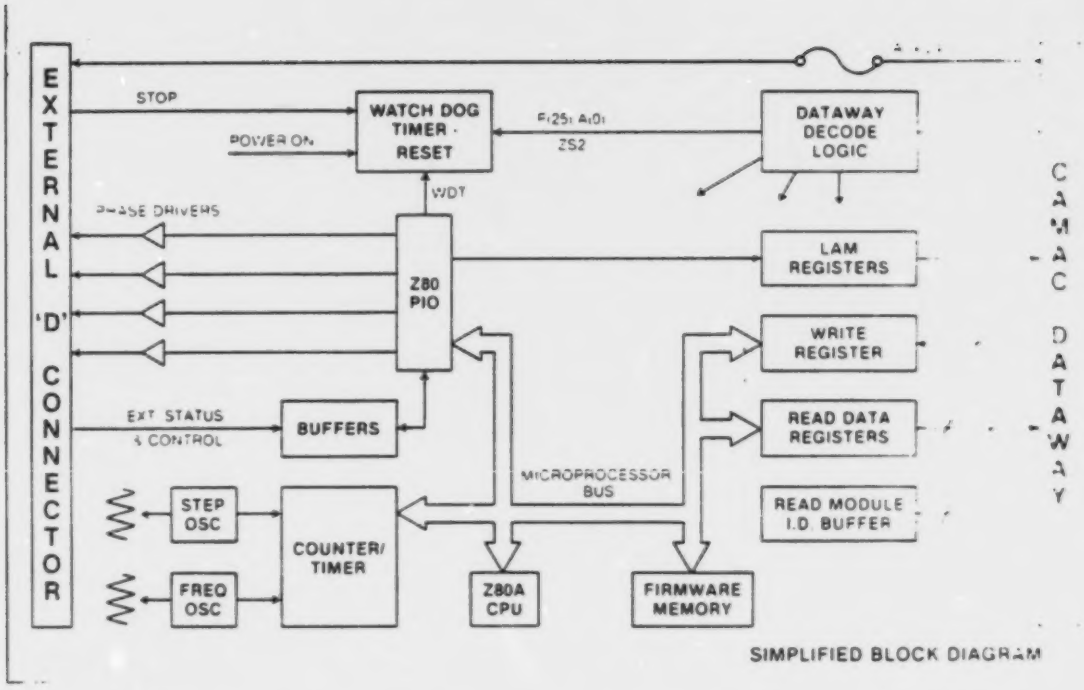


FIGURE 3 : SCHÉMA BLOC DE LA STRUCTURE INTERNE DU CONTRÔLEUR DE MOTEURS PAS À PAS

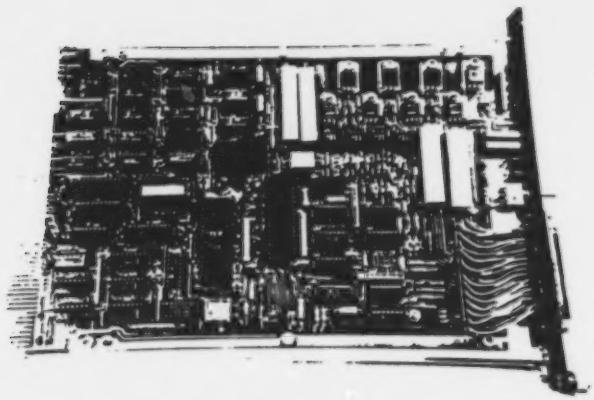


FIGURE 4 : CONTRÔLEUR POUR MOTEUR PAS À PAS SMC-160303

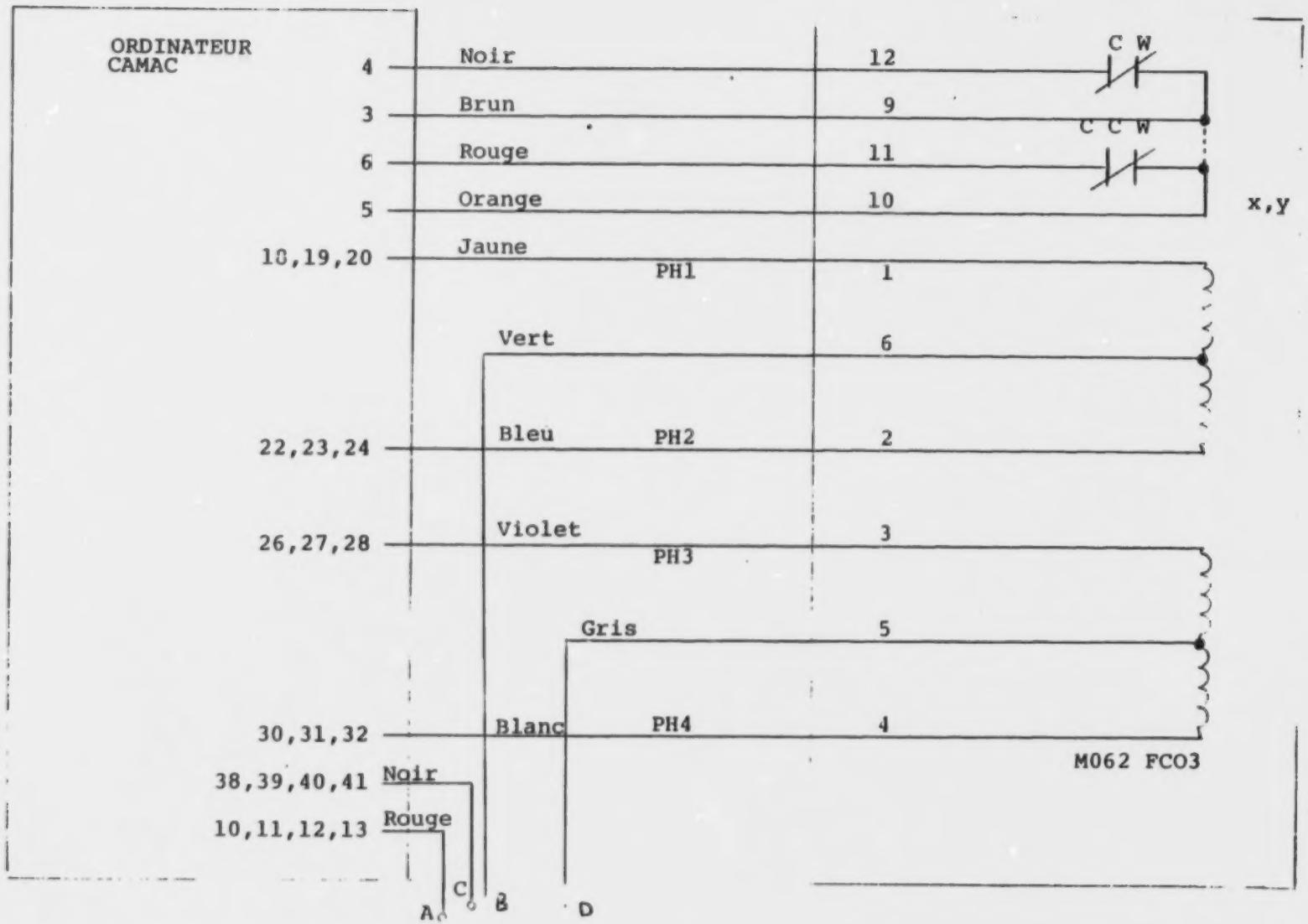


DIAGRAMME D'INTERCONNEXION DES MOTEURS PAS À PAS

FIGURE 5

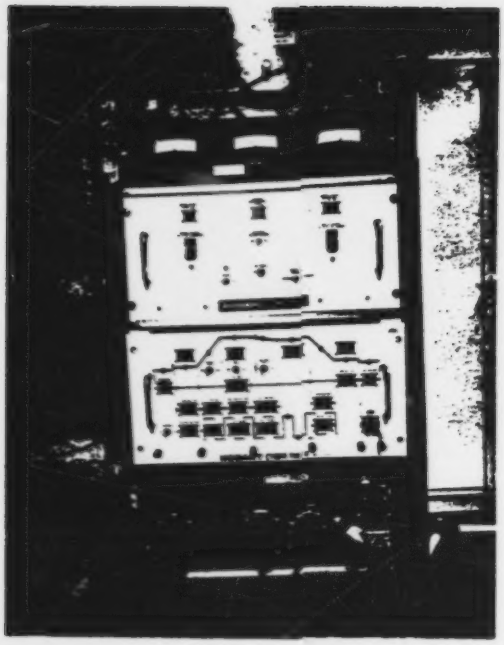


FIGURE 6A : SOURCE DE COURANT CYBERTIG

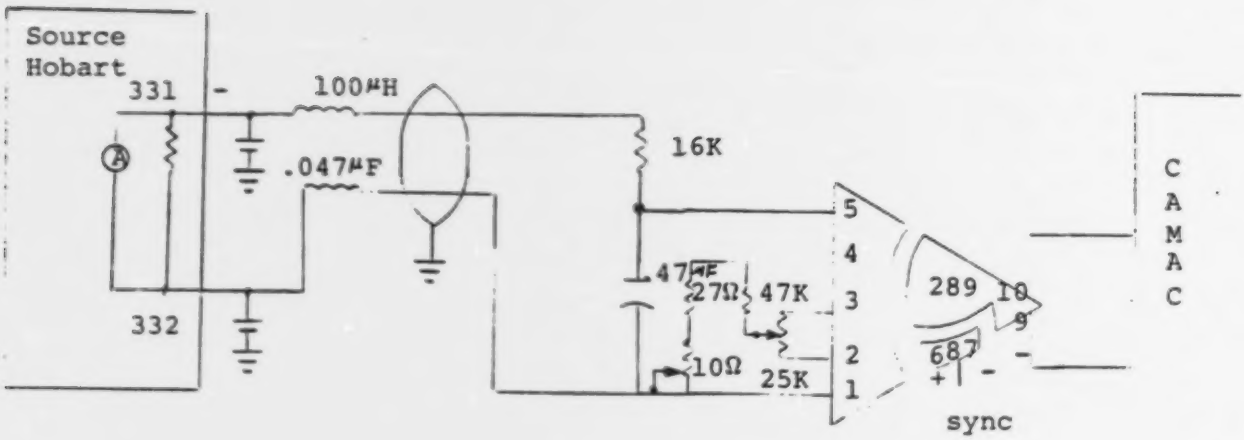
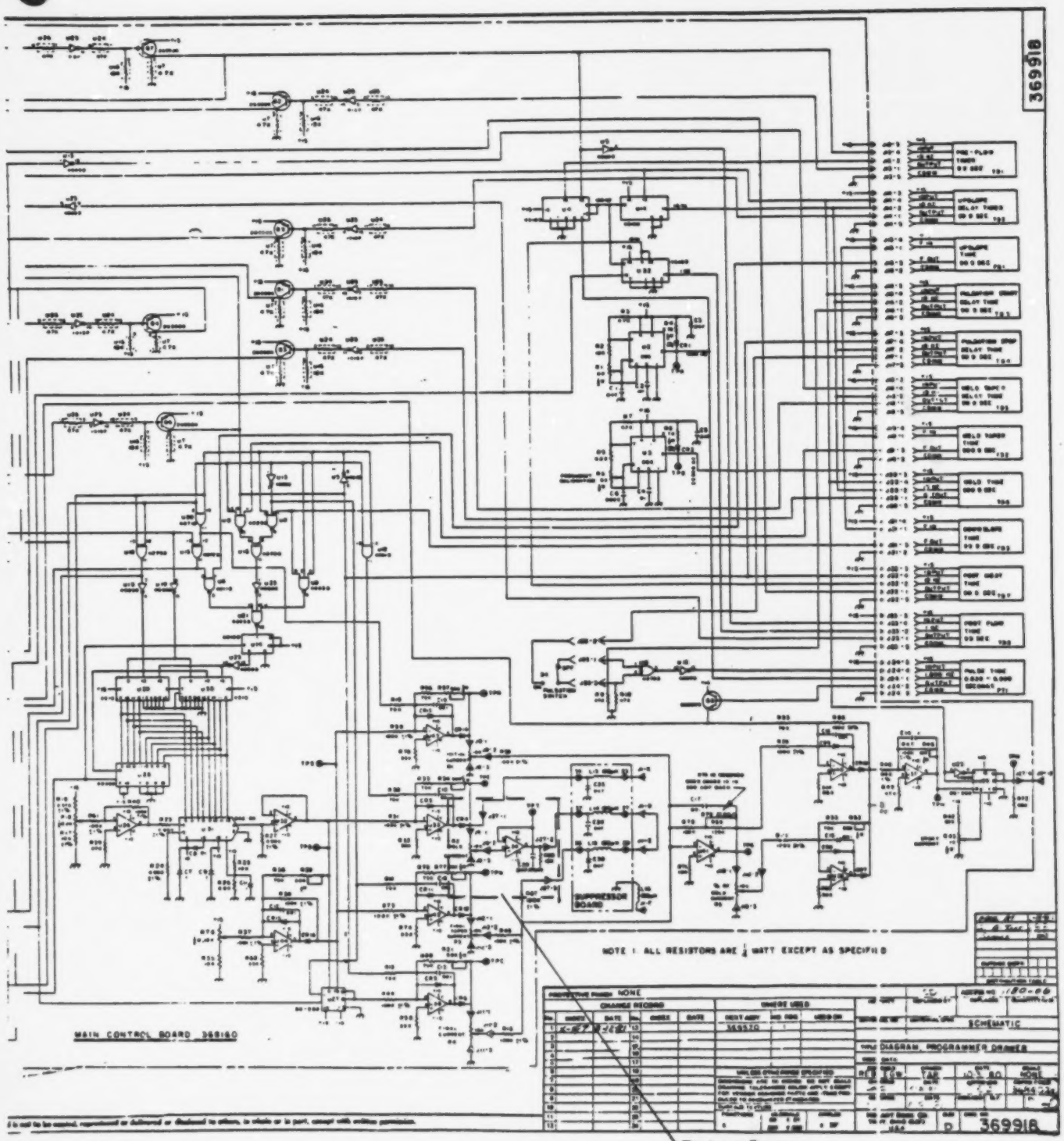


FIGURE 6B : MESURE DE COURANT



SECTION D'UN CIRCUIT DE CONTRÔLE DE LA SOURCE «CYBER TIG»

FIGURE 7

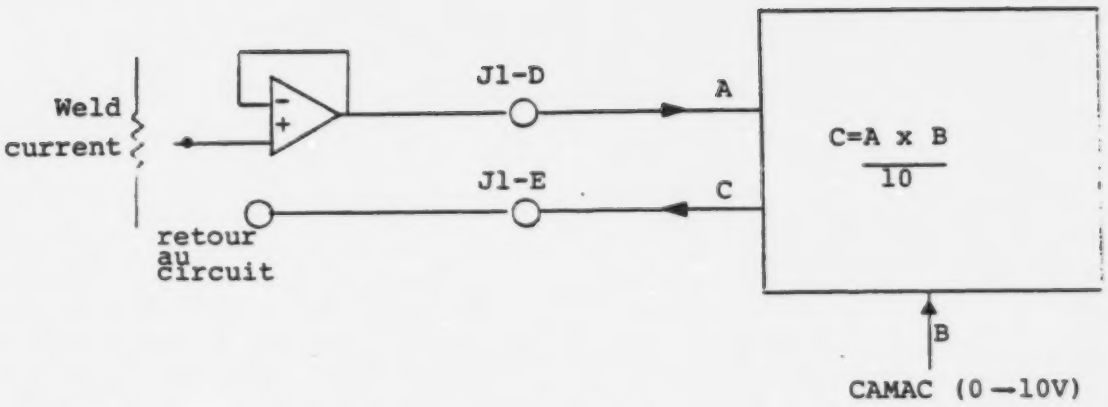
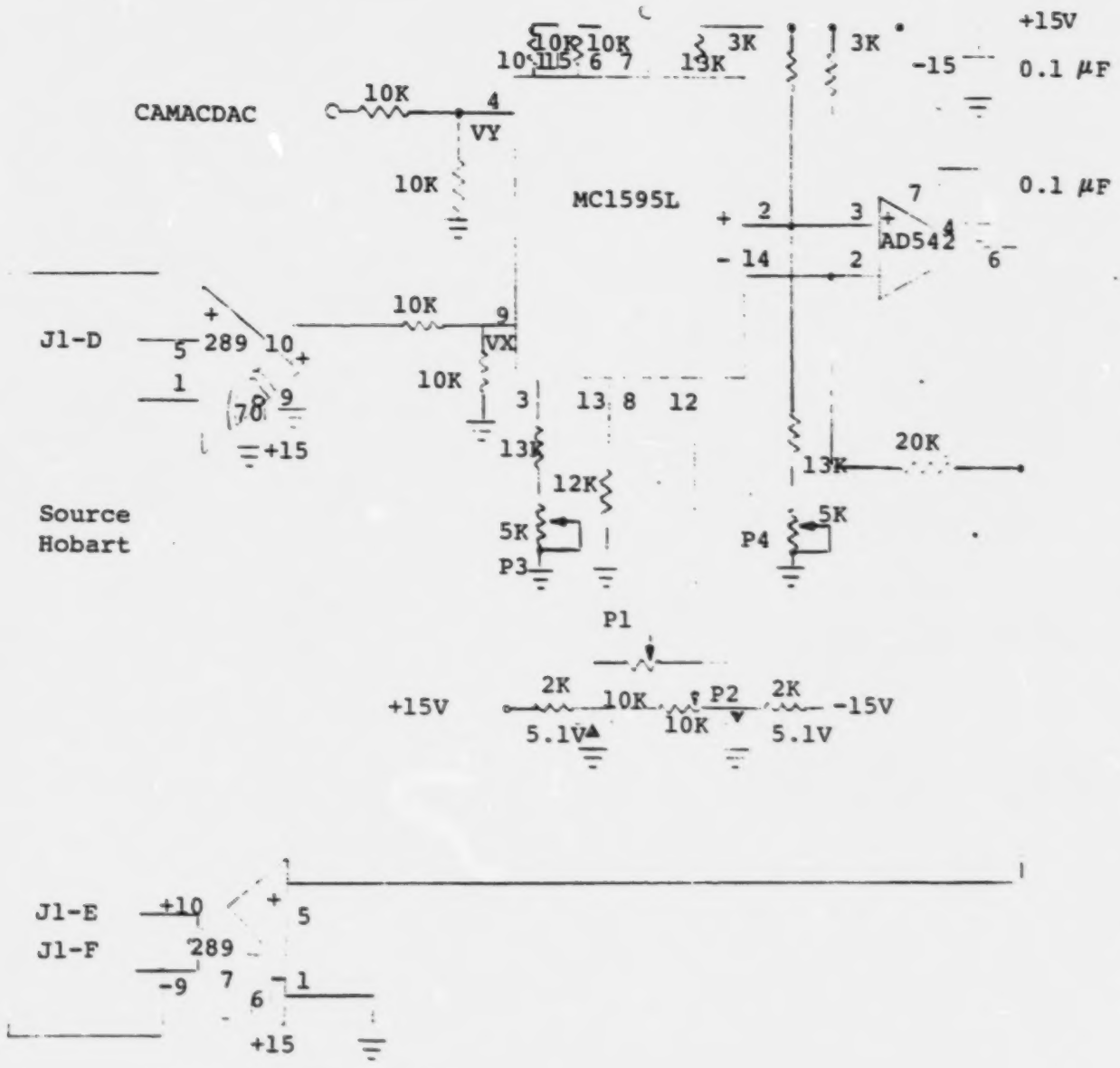


SCHÉMA DE PRINCIPE DU CIRCUIT DE CONTRÔLE DU COURANT

FIGURE 8



CIRCUIT MULTIPLICATEUR

FIGURE 9

1 - " X input offset" correction de la dérive à l'entrée X

a) appliquer +10VDC à l'entrée CAMAC

b) appliquer OVDC à l'entrée HOBART

c) ajuster P_2 pour OVDC à la sortie

2 - " Y input offset" correction de la dérive à l'entrée Y

a) appliquer OVDC à l'entrée CAMAC

b) appliquer + 10VDC à l'entrée HOBART

c) ajuster P_1 pour OVDC à la sortie

3 - " Output offset" correction de la dérive à la sortie

a) appliquer OVDC aux deux entrées

b) ajuster P_4 pour OVDC à la sortie

4 - "SCALE FACTOR" ajustement d'échelle du module.

a) appliquer +10VDC à l'entrée CAMAC

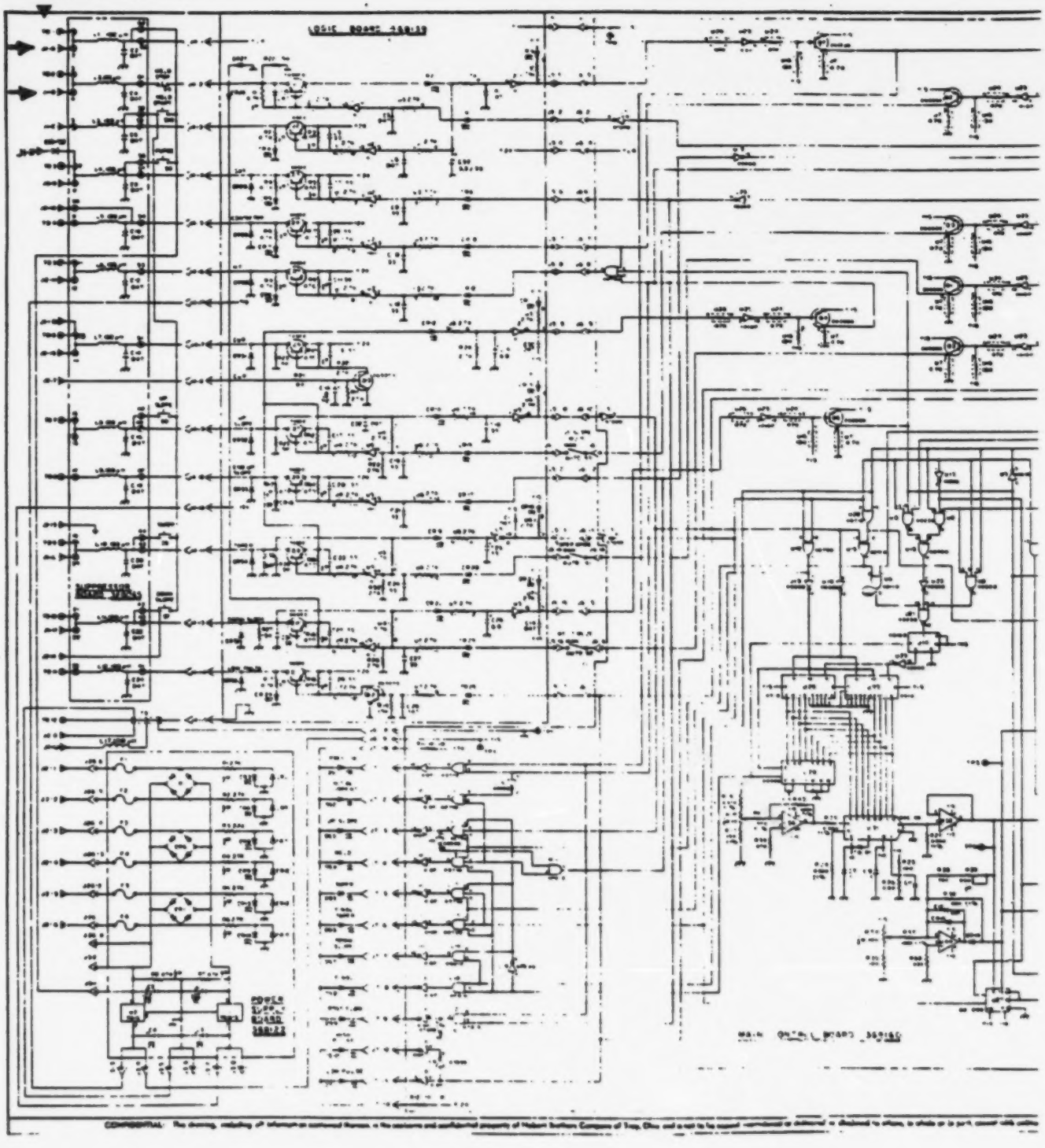
b) appliquer +10VDC à l'entrée HOBART

c) ajuster P_3 pour +10 VDC à la sortie

PROCEDURE DE CALIBRATION

FIGURE 10

INTERCONNEXION



CONTRÔLE ARRÊT/MARCHE

FIGURE 11

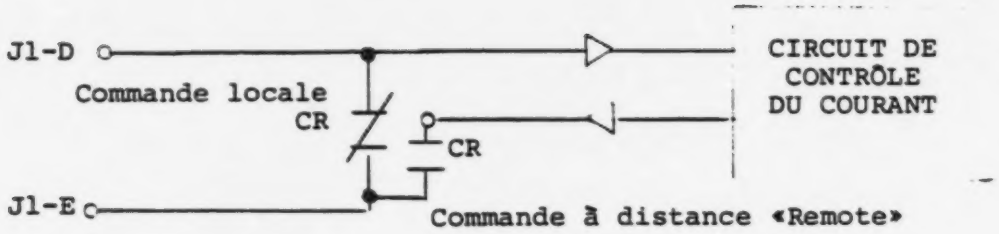
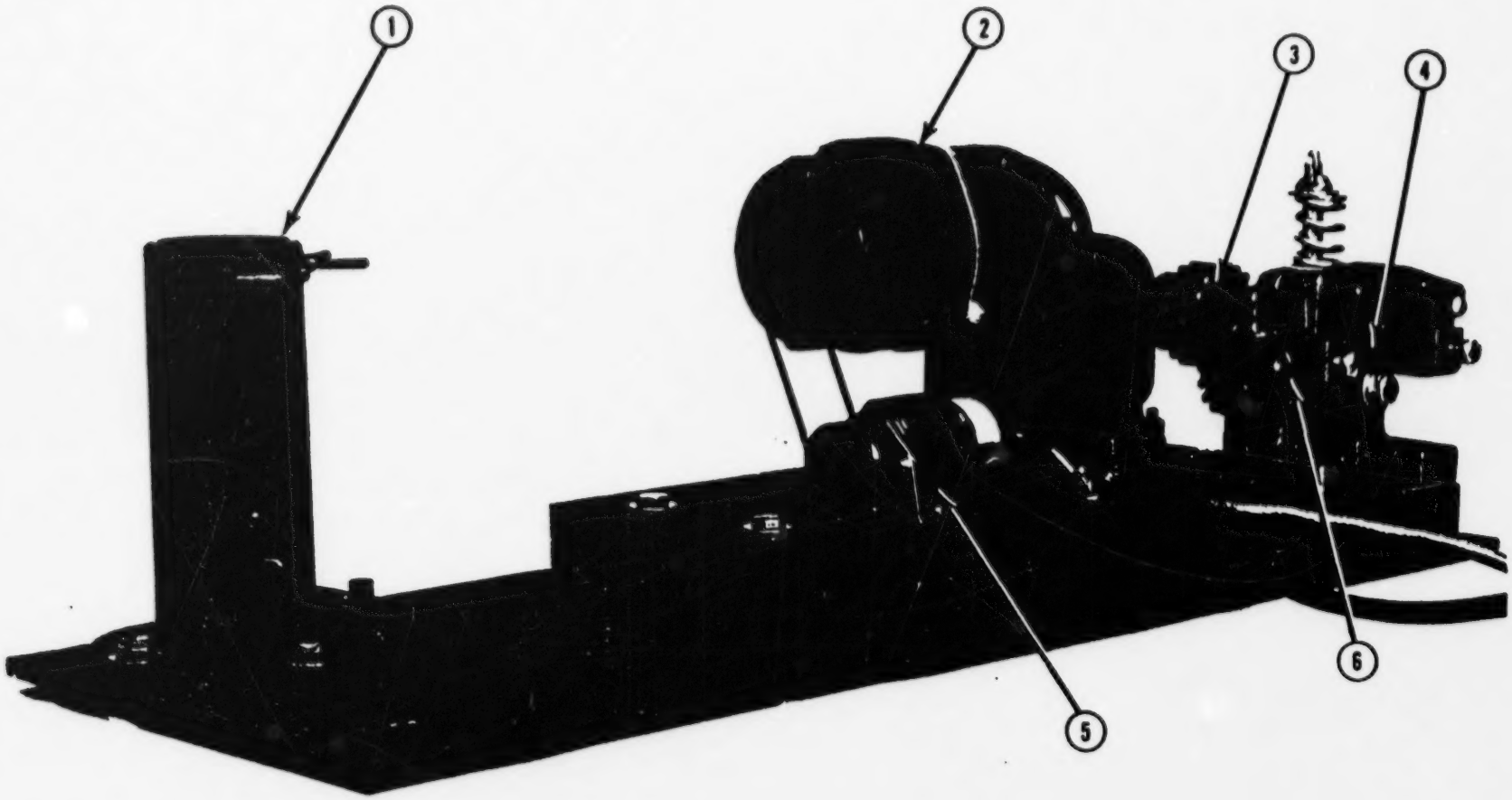


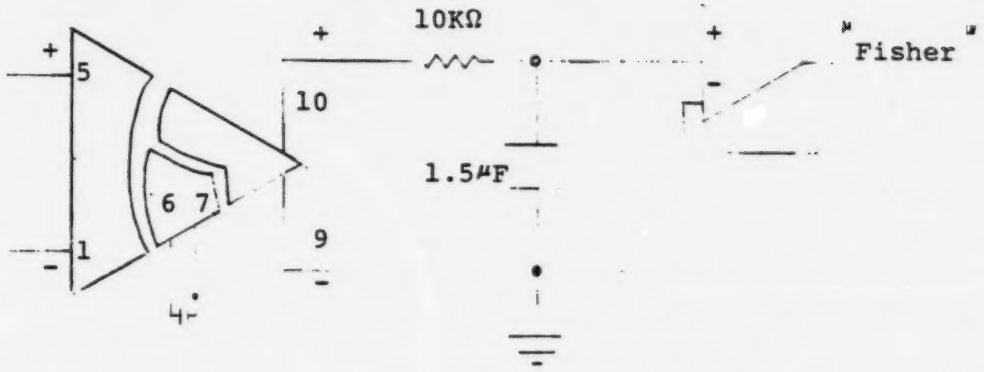
FIGURE 12
CONTRÔLE COMMANDE À DISTANCE

FIGURE 13
CIRCUITERIE DE LA SOURCE HOBART



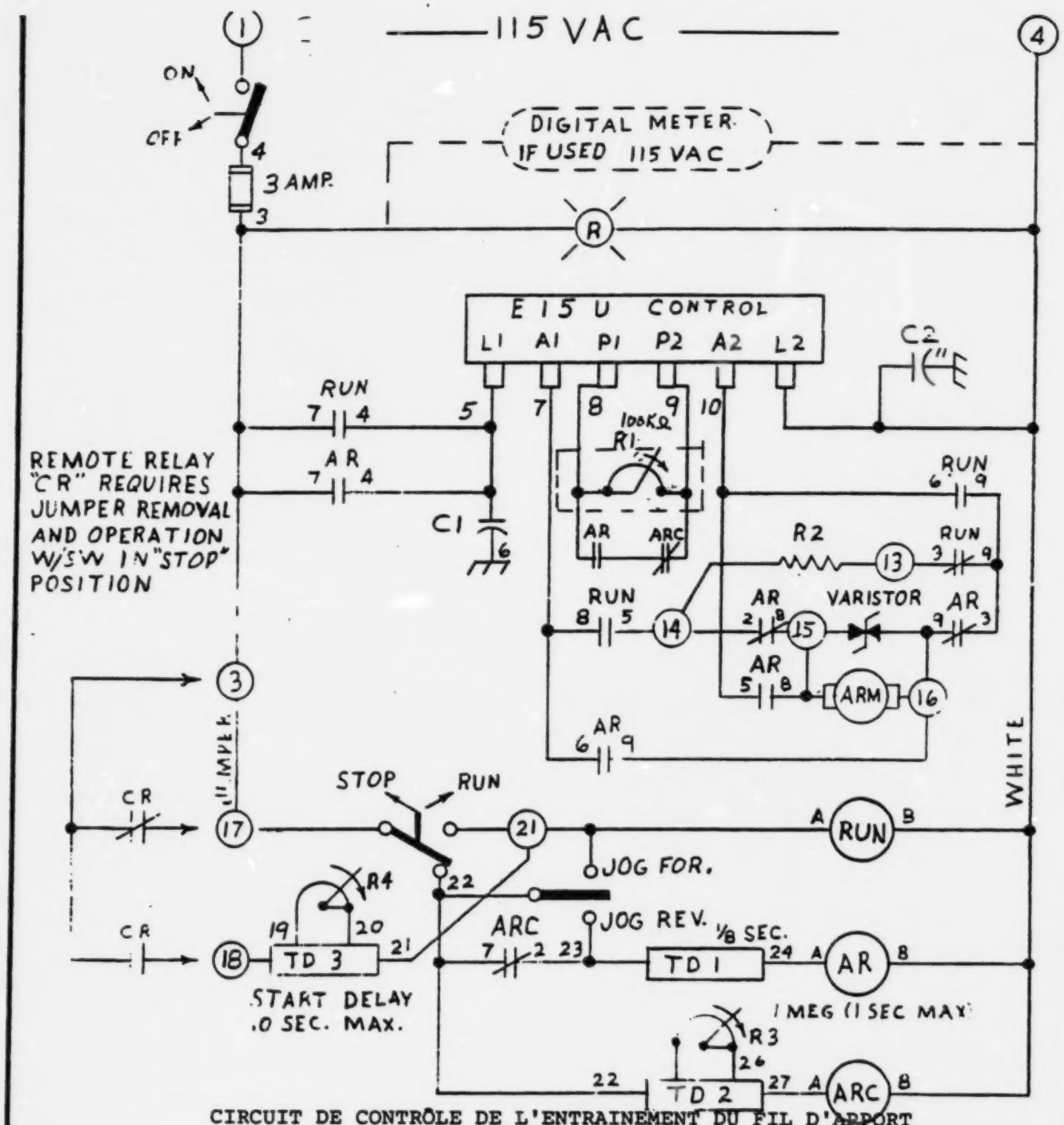
MÉCANISME D'ENTRAÎNEMENT DU FIL D'APPORT

FIGURE 14



MESURE DE LA VITESSE DE DÉVIDAGE

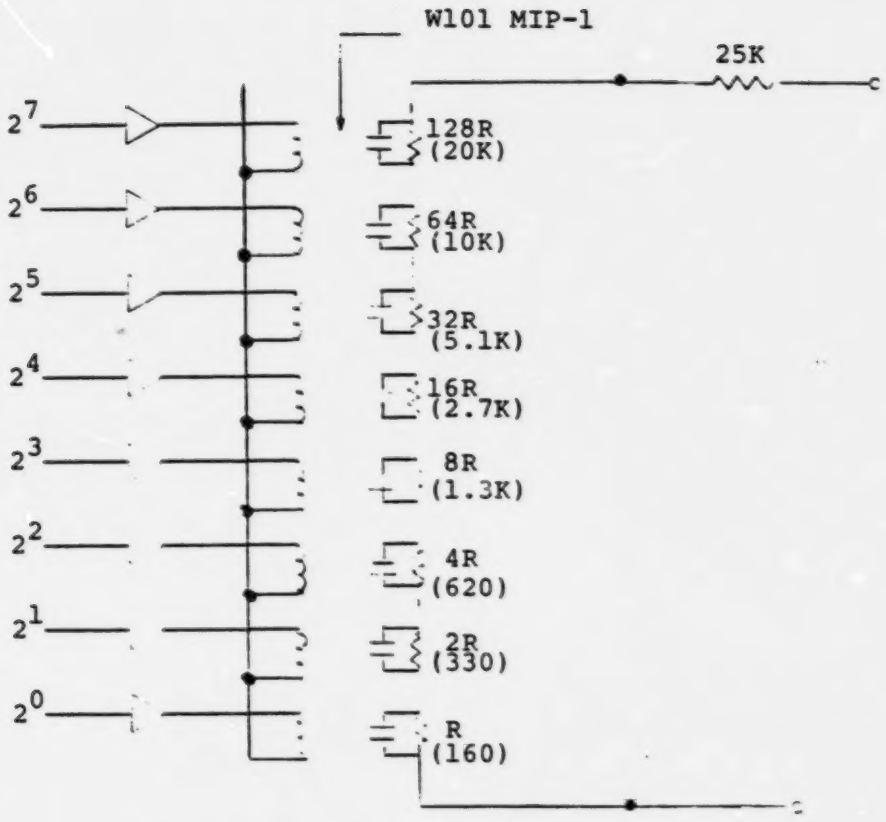
FIGURE 15



CIRCUIT DE CONTRÔLE DE L'ENTRAINEMENT DU FIL D'APPORT

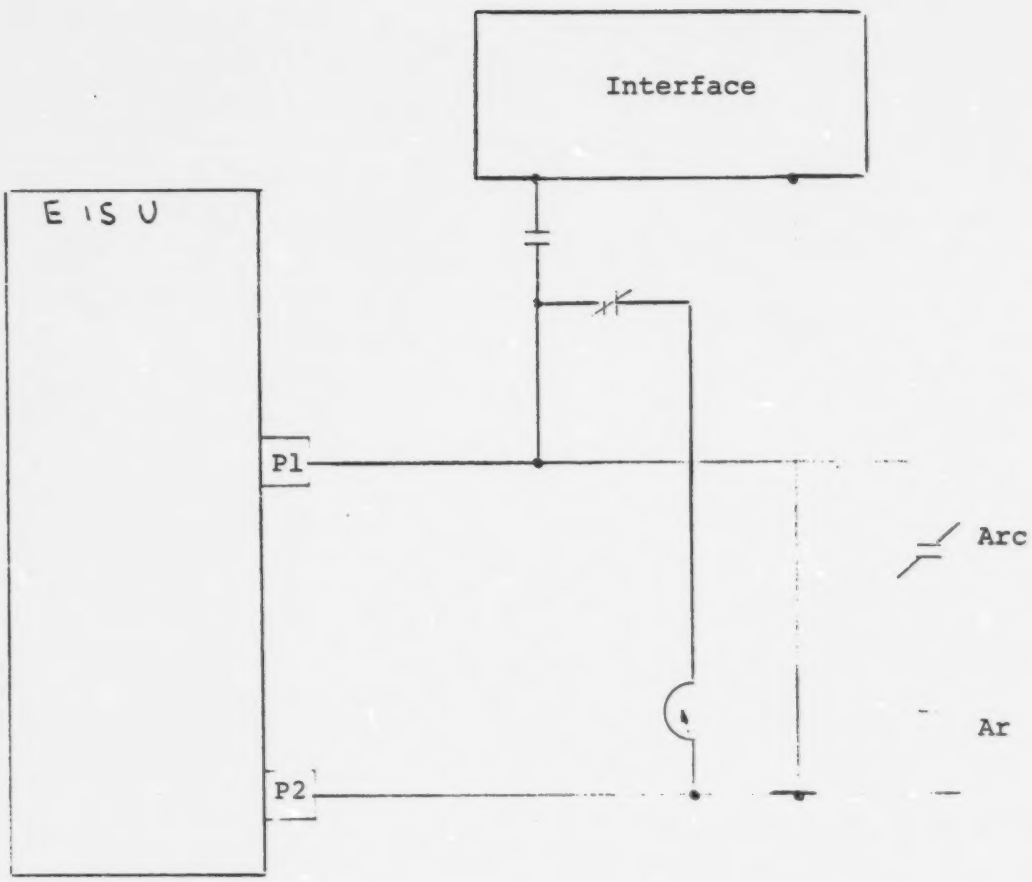
SCHEMATIC DIAGRAM

FIGURE 16



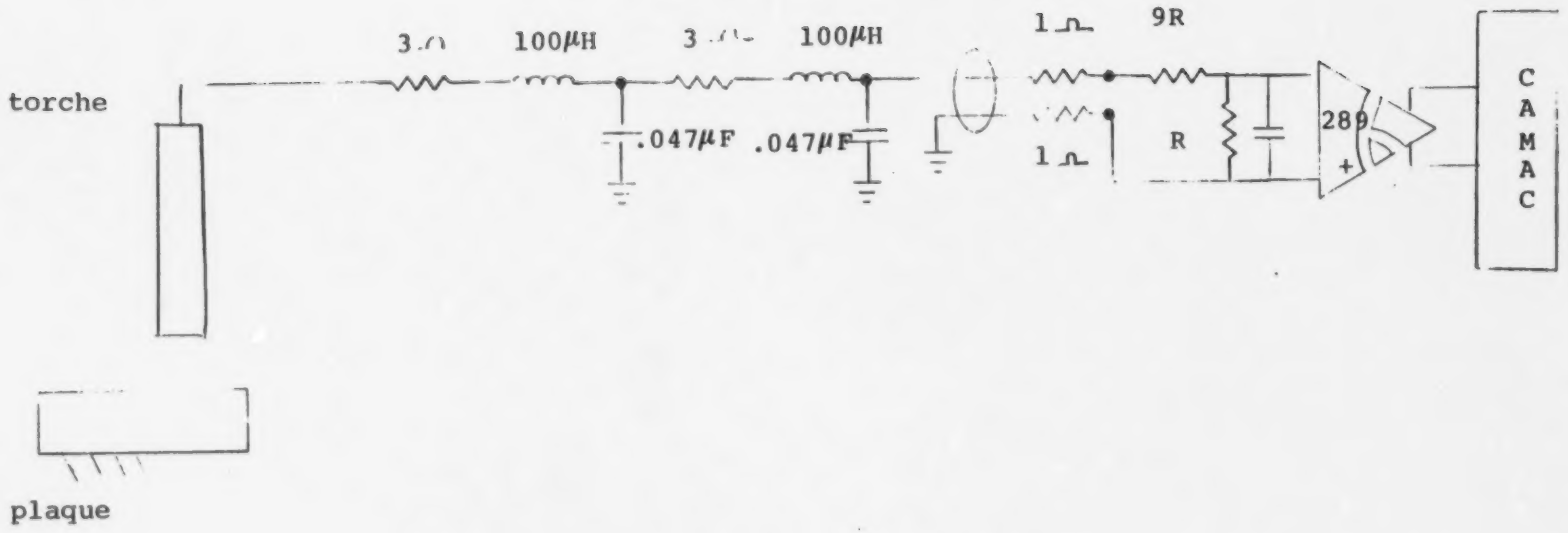
CIRCUIT DE CONTRÔLE DU FIL D'APPORT

FIGURE 17



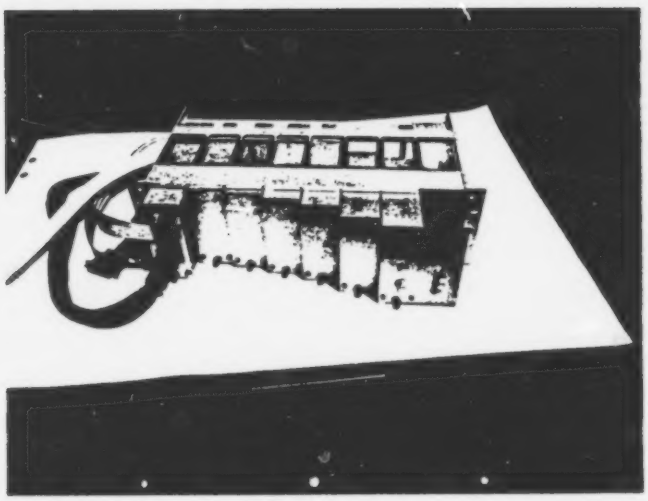
CONTRÔLE À DISTANCE

FIGURE 18



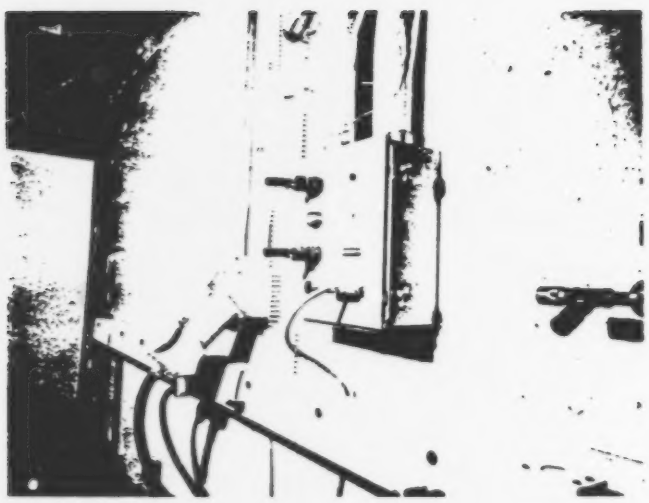
MESURE DE LA TENSION DE SOUDAGE

FIGURE 19



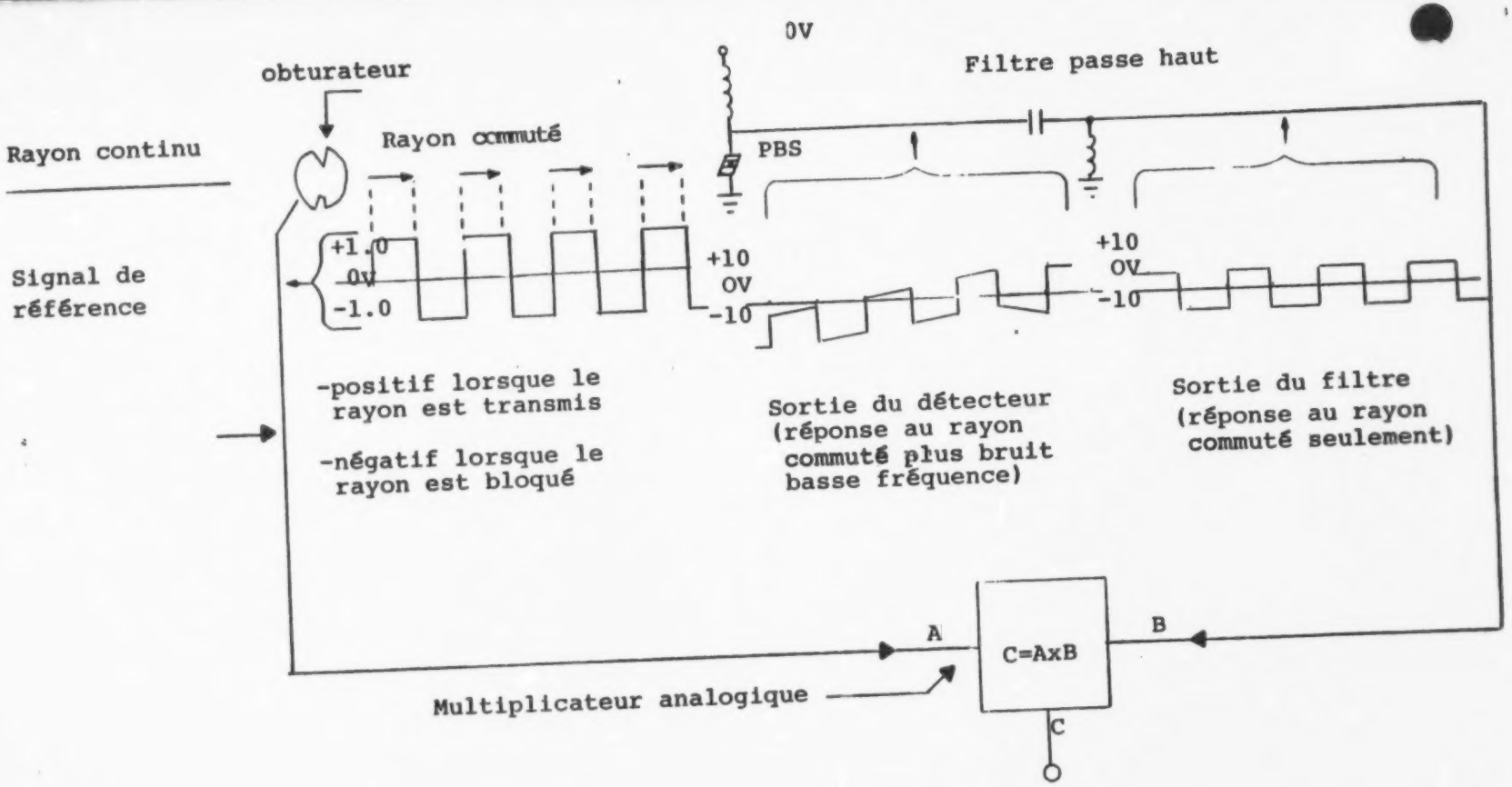
CABINET MODULAIRE D'INTERFACE ÉLECTRIQUE

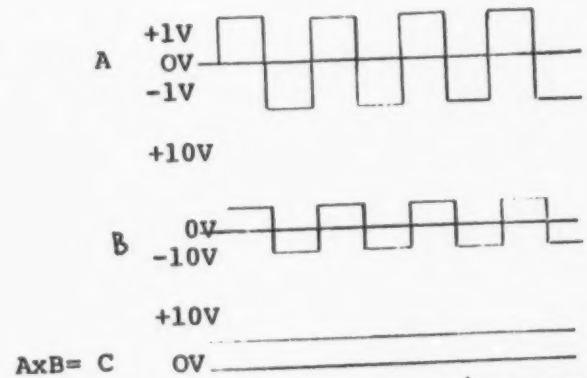
FIGURE 20



BOITES DE JONCTION

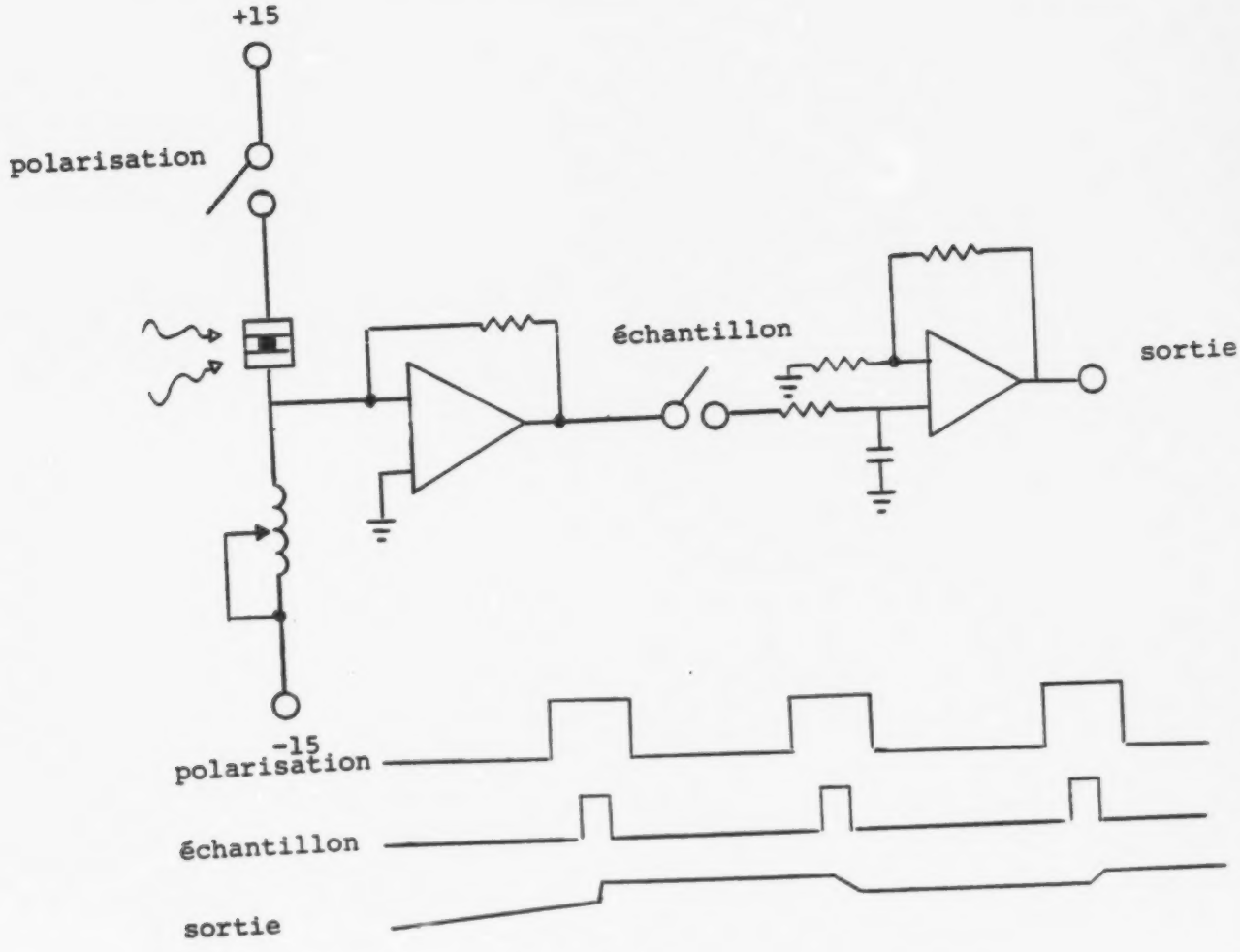
FIGURE 21





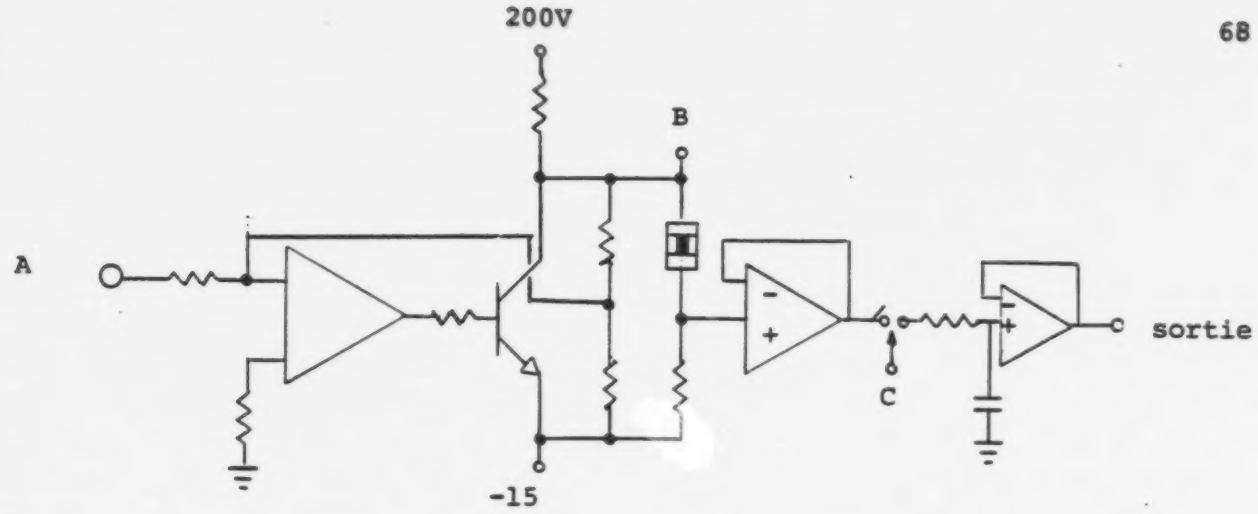
DÉTECTION I.R. SYNCHRONE

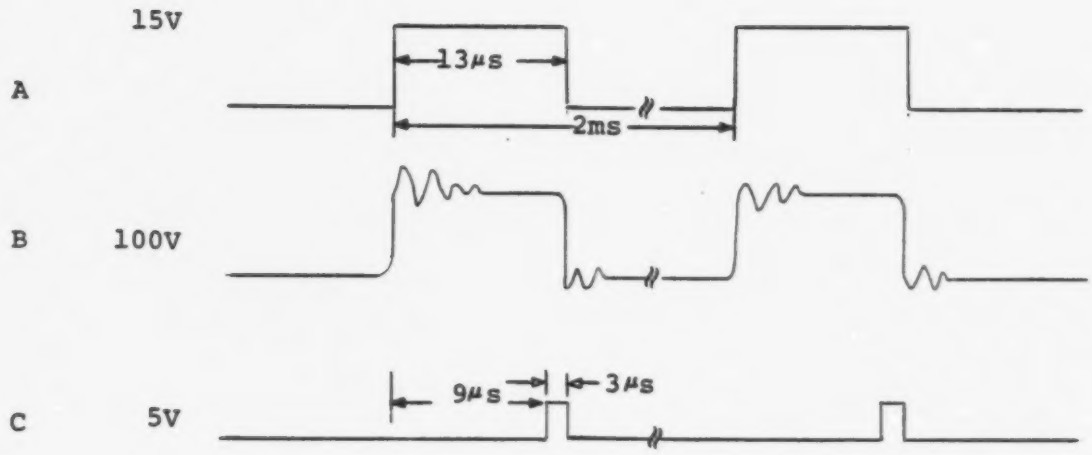
FIGURE 22



CIRCUIT DE POLARISATION DES DÉTECTEURS AU PBS

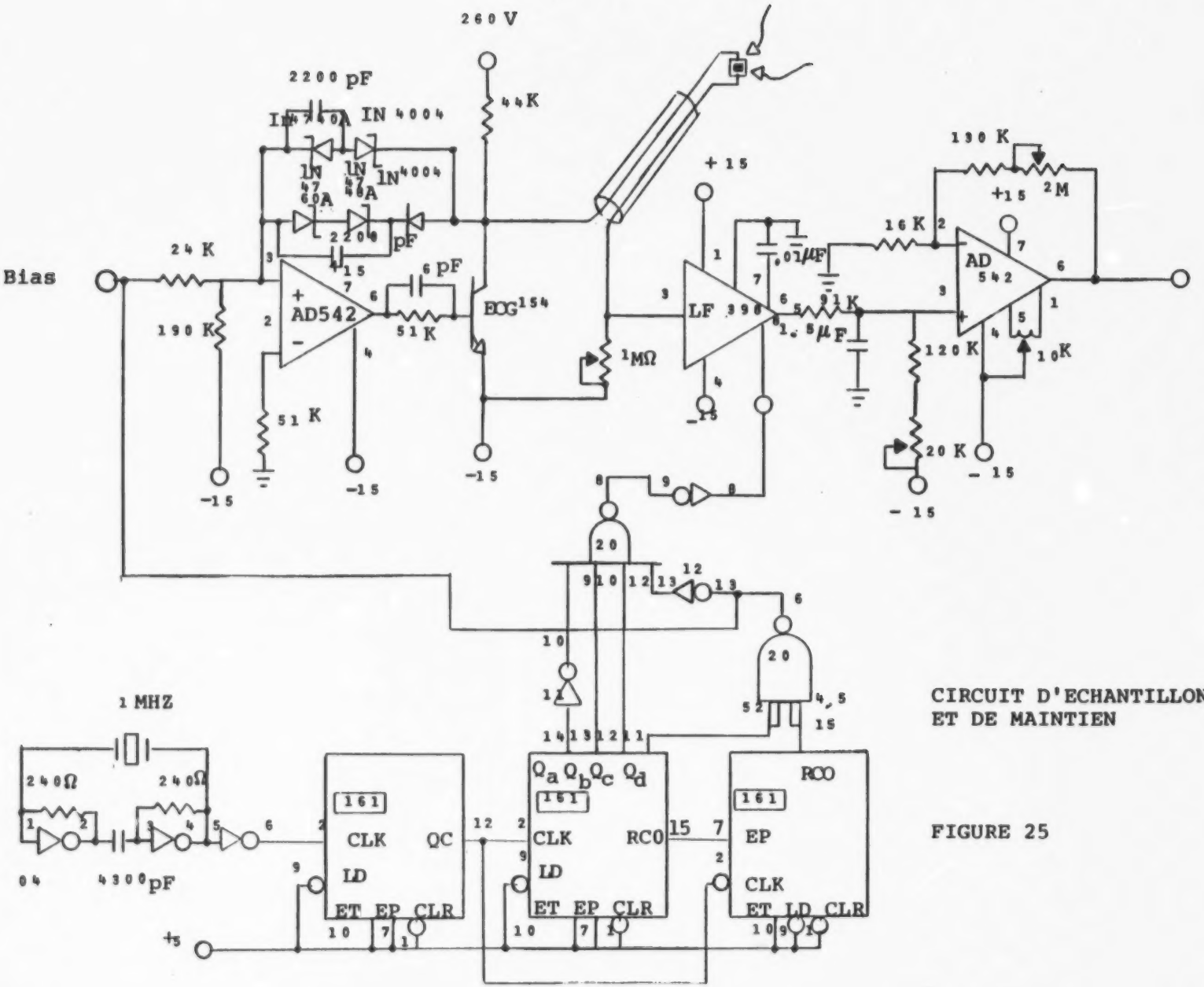
FIGURE 23





POLARISATION PULSÉE

FIGURE 24



CIRCUIT D'ECHANTILLONNAGE ET DE MAINTIEN

FIGURE 25

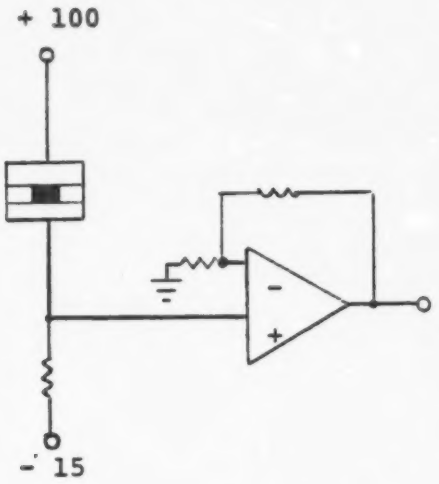


FIGURE 26 : CIRCUIT DE DÉTECTION IR

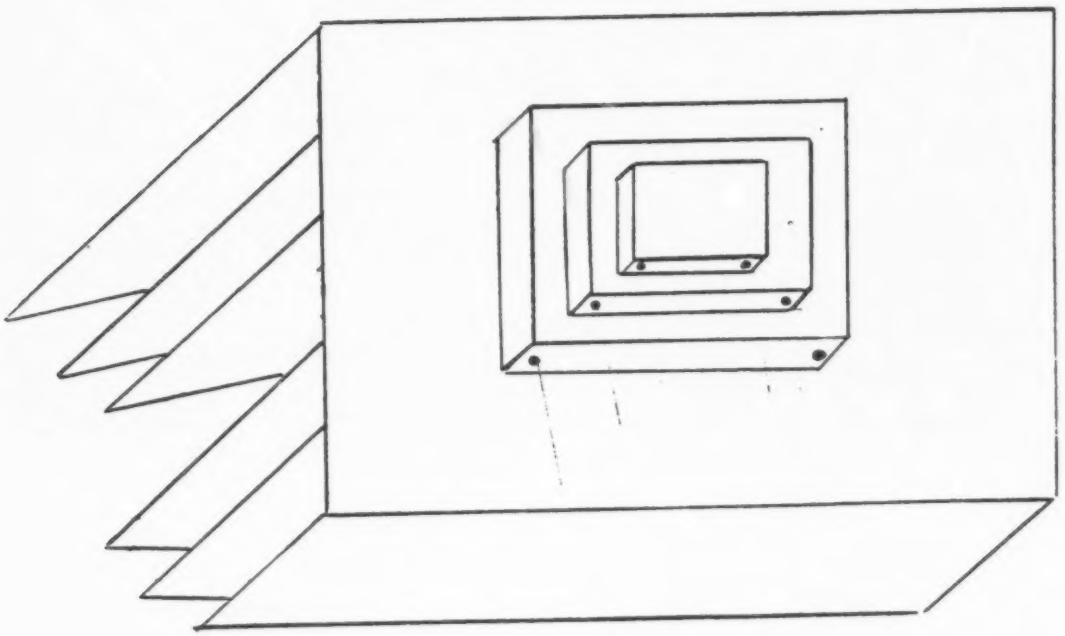
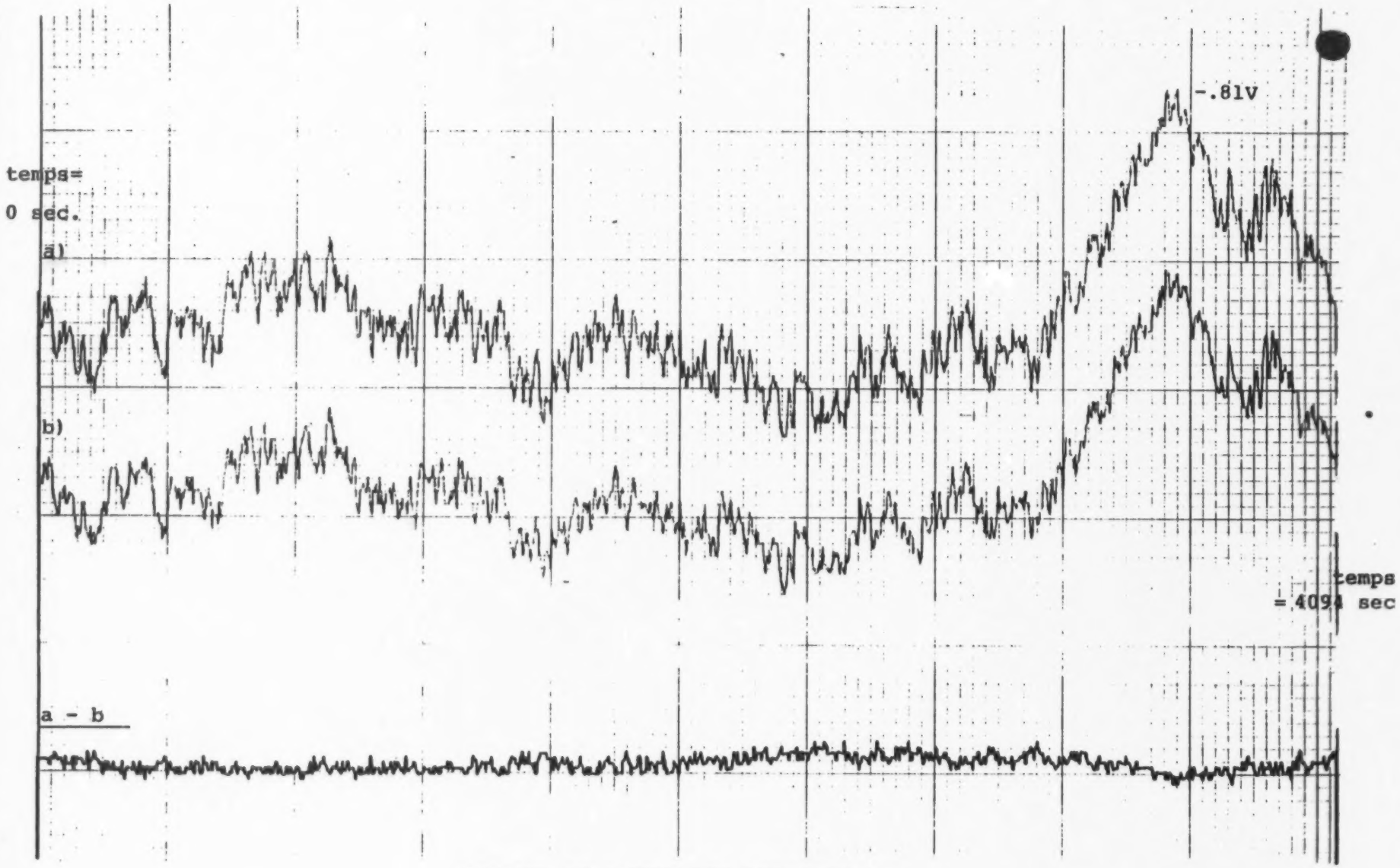


FIGURE 28 : MODULE DE RÉFRIGÉRATION À EFFET PELTIER



SIGNAUX DE SORTIE DES DÉTECTEURS

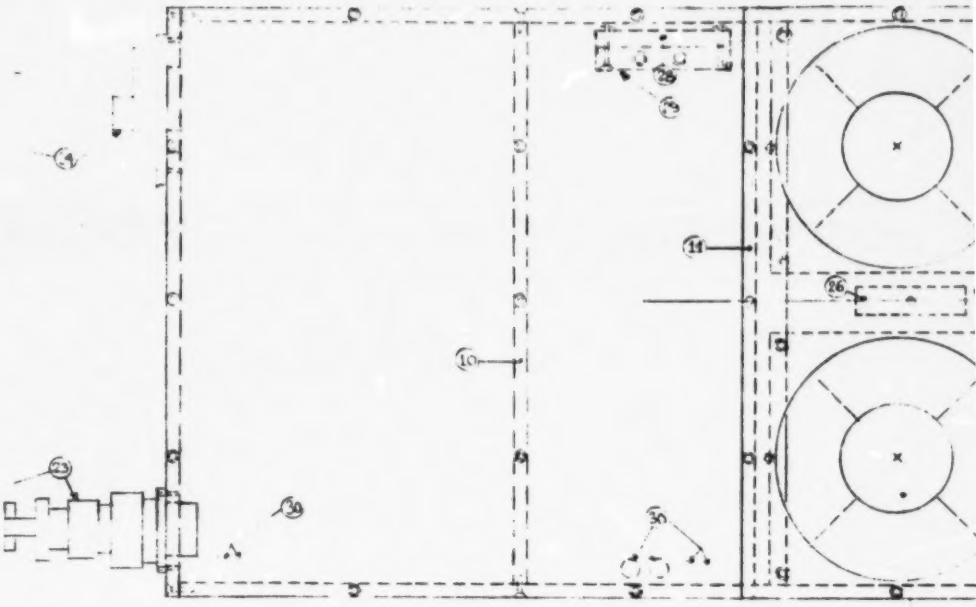
FIGURE 27

RÉFRIGÉRATEUR À EFFET PELTIER POUR CELLULES PBS

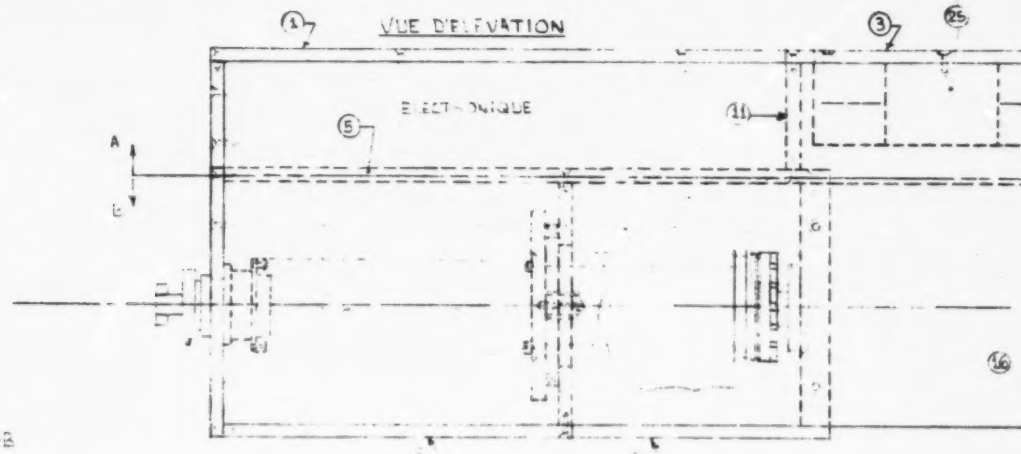
FIGURE 29

VUE DE L'AVANT DE LA COUPE AA

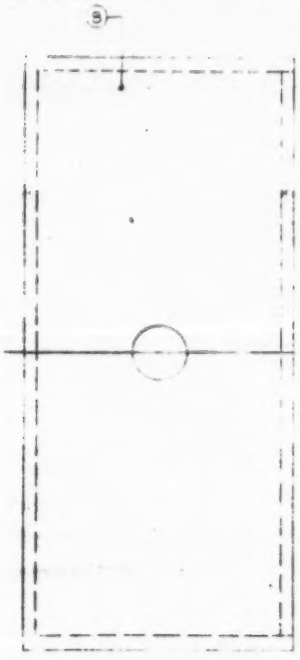
VUE DU DESSUS DE LA COUPE AA

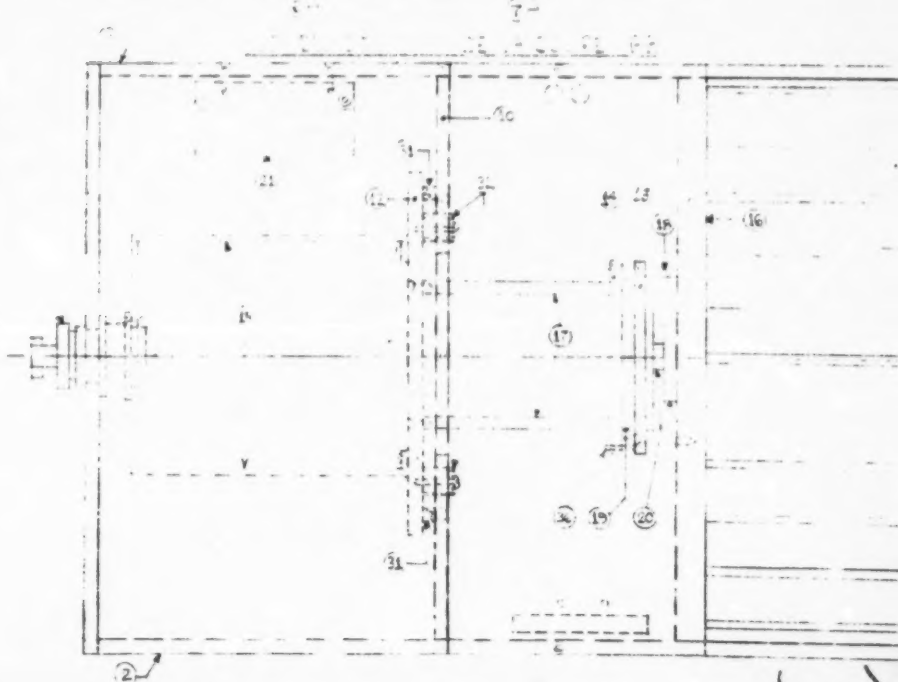


VUE D'ELEVATION



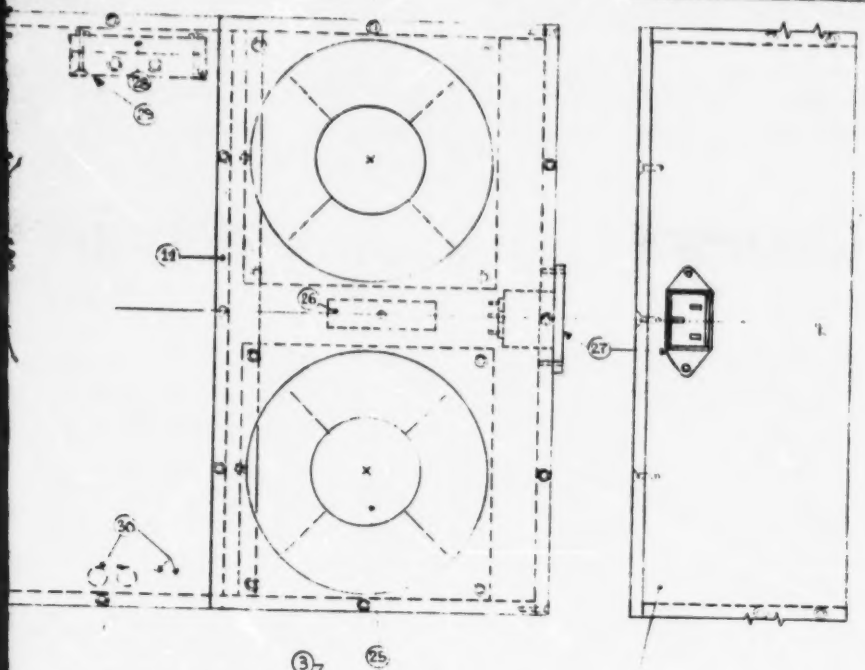
VUE DE L'AVANT DE LA COUPE BB

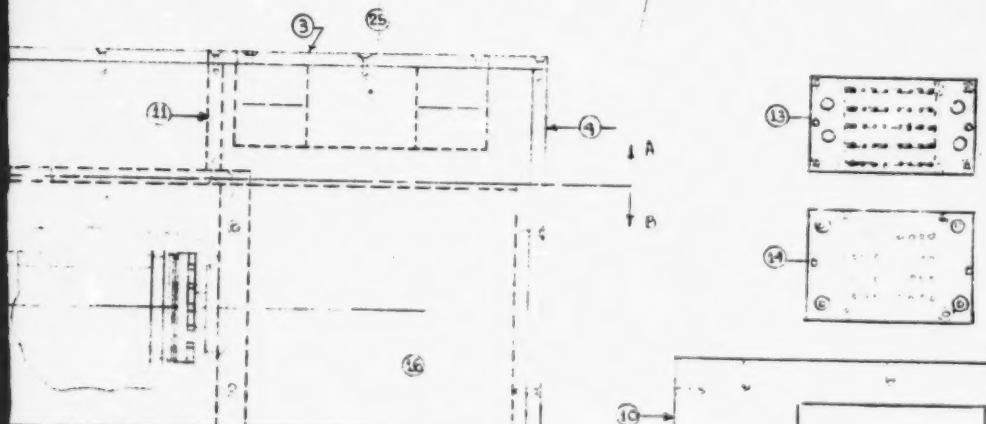


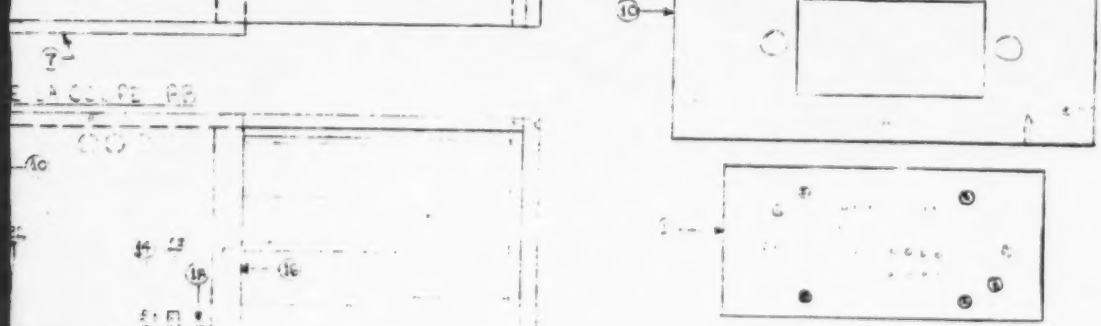


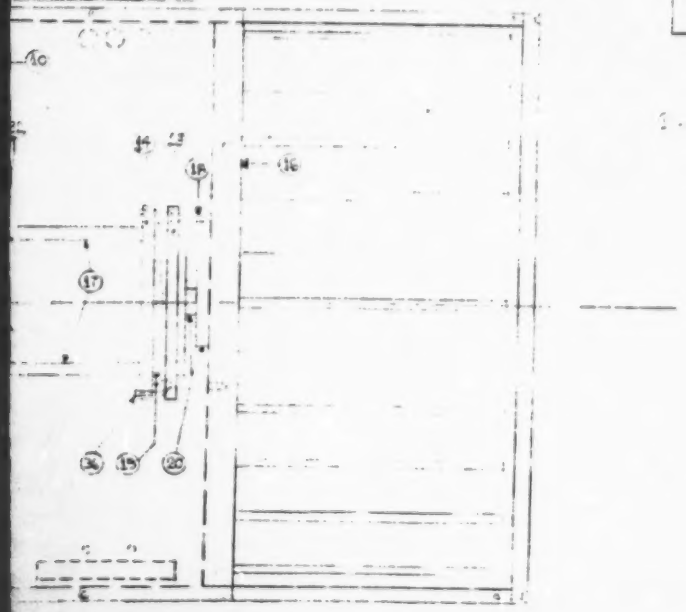
LA COUPE AA

VUE DE L'ARRIERE DU MODULE









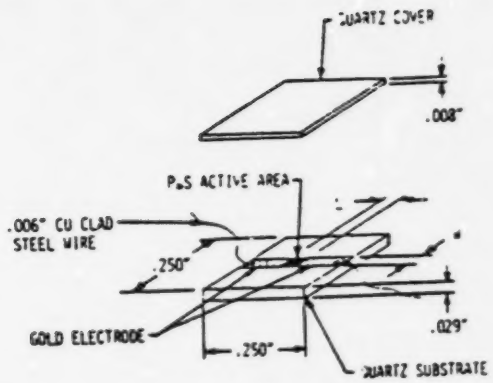
No	QTé	MAT	PIECE	
1	2	AL	PANNEAU 10¾ × 11	
2	4	AL	PANNEAU 16½ × 6¾	
3	2	AL	PANNEAU 6¼ × 11	
4	2	AL	PANNEAU 11 × 6¾	
5	2	AL	PANNEAU 11¾ × 10½	
6	2	AL	PANNEAU 6½ × 11	
7	2	AL	PANNEAU 4¾ × 11	
8	2	AL	PANNEAU 11 × 5	
9	2	AL	PANNEAU 11 × 2	
10	2	AL	PANNEAU 10½ × 4½	
11	2	AL	PANNEAU 10½ × 2	
12	2	AL	PANNEAU 6¾ × 3½	
13	2	LA	SUPPORT DETECTEURS	✓
14	2	Plex	SUPPORT FIBRES	
15	4	AL	SUPPORT DU CONNECTEUR M.S.	
16	2	AL	RADIATEUR DES MODULES PELTIER	✓
17	8	Cer	ESPACEUR 3¾"	✓✓
18	8	Nyl	VIS EN NYLON 8-32	✓
19	2	Ge	FILTRE Ge A/R 2.0-2.5 μ (2" × 3")	✓
20	2x2	—	MODULES PELTIER	✓✓
21	2	AL	RADIATEUR DE LA LAMPE	✓✓
22	2	Met	CONNECTEUR M.S. 3102A-16	✓✓
23	2	Met	CONNECTEUR M.S. 3102A-18	✓✓
24	2	Met	CONNECTEUR 57-10360	✓✓
25	4	Plas	VENTILATEUR	✓✓
26	2	Cer	SUPPORT DE FUSIBLE	✓✓
27	2	Plas	CONNECTEUR EAC 302	✓✓
28	2	Plas	CONNECTEUR 3431	✓✓
29	4	AL	COUDE RECTANGULAIRE ½ × ½ × 2½	
30	8	Plas	CONNECTEUR BANANE	✓✓
31	2	Neo	JOINT D'ETANCHEITE ¼" × ¼"	✓✓
32	4	Lucite	TUBE ½" dia.	
33		Met	VIS 4-40	
34		Met	VIS 6-32	
35		Met	VIS 2-56	
36	4	Lucite	TIGE DE POSITIONNEMENT Φ⅛" L ½"	
37		Met	VIS 8-32	

Notes:
- Le matériau de base pour les pièces 1 à 12 est de l'aluminium ¼" d'épaisseur.
- Les pièces 10-12-13-14 représentées ci-contre ne sont pas à l'échelle.
- Pour les marques des pièces 10-12-13-14, voir les plans spécifiques.
- La pièce 15 peut être faite en Al ou plastique. Elle doit cependant être de faible épaisseur car elle doit rester flexible.
- Pour la pièce 16, les dimensions finales sont 4⅜" long 10¾", Rio. 5½"
- Toutes les mesures sont en pouces sauf indications contraires.
- L'échelle est basée sur environ 1:2

ECHELLE 1:2 ~

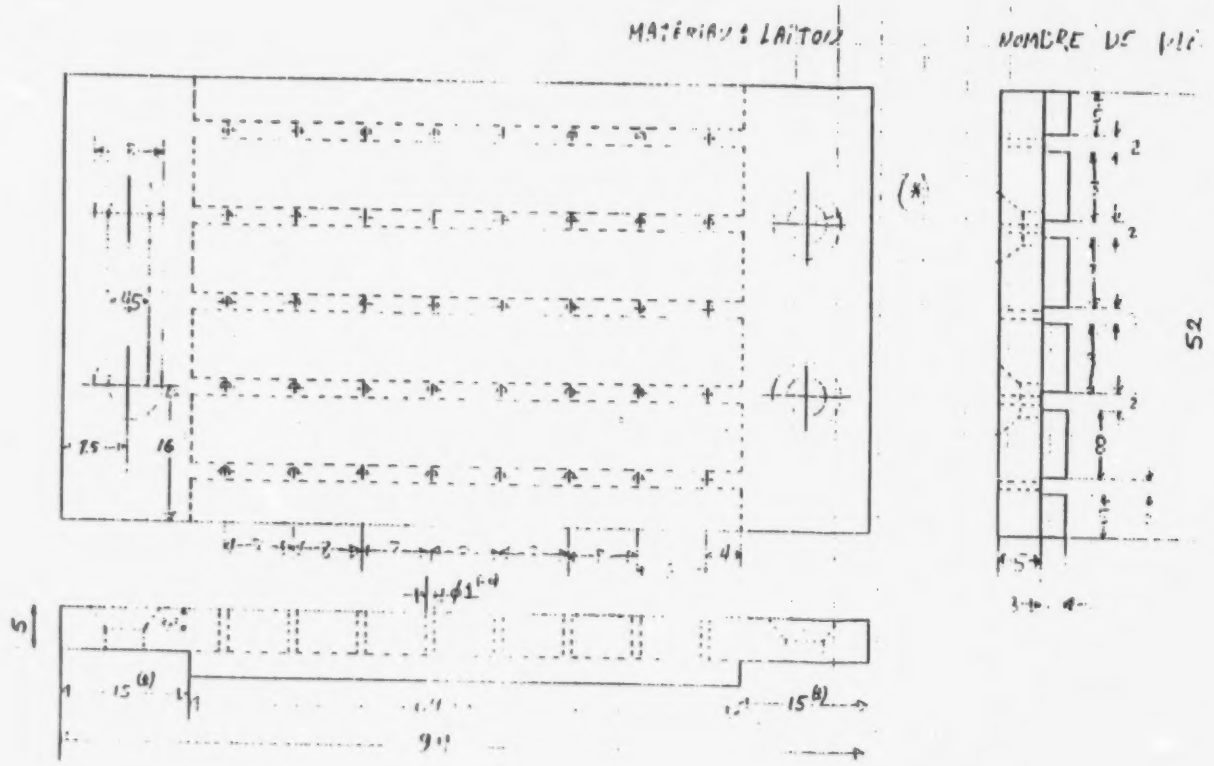
DESSIN	MICHEL LESSARD
APPROUVÉ	JEAN TREMBLAY
	MICHEL LESSARD
DATE	83-6-1
	[illegible]

TITRE: MODULE OPTO-ELECTRONIQUE DE DETECTION



DÉTECTEUR AU PBS

FIGURE 31



DÉTAILS DU SUPPORT DES DÉTECTEURS

FIGURE 32

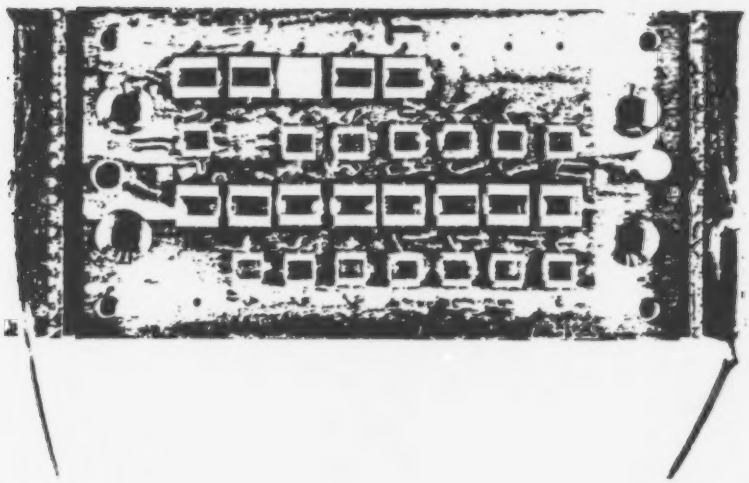


FIGURE 33A: SUPPORT DES DÉTECTEURS (Prototype 1)

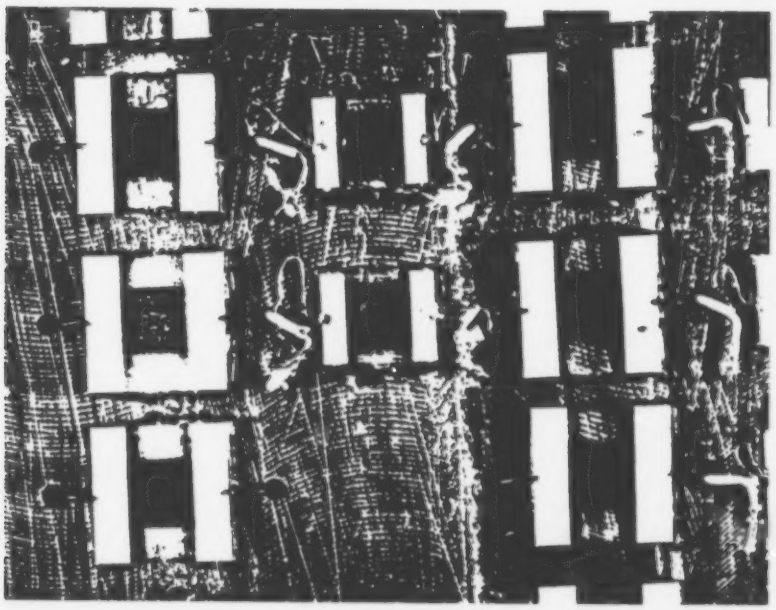


FIGURE 33B: REFERENCE DE DÉTECTEURS DE 3x3mm et de 1x1mm

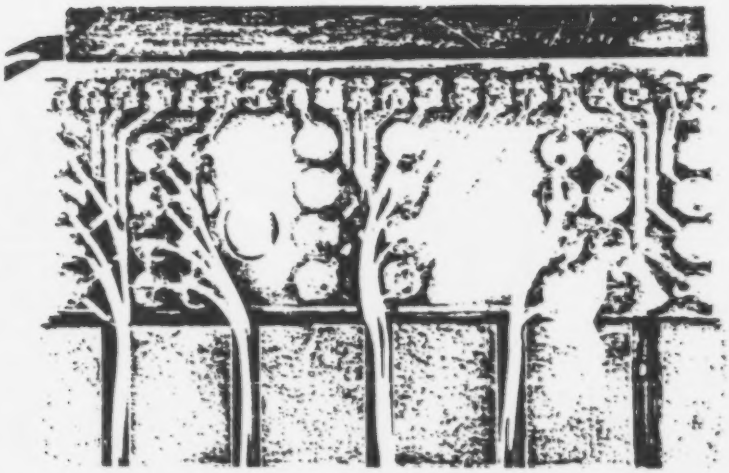


FIGURE 34 : CIRCUIT IMPRIMÉ SOUS LE SUPPORT DES DÉTECTEURS

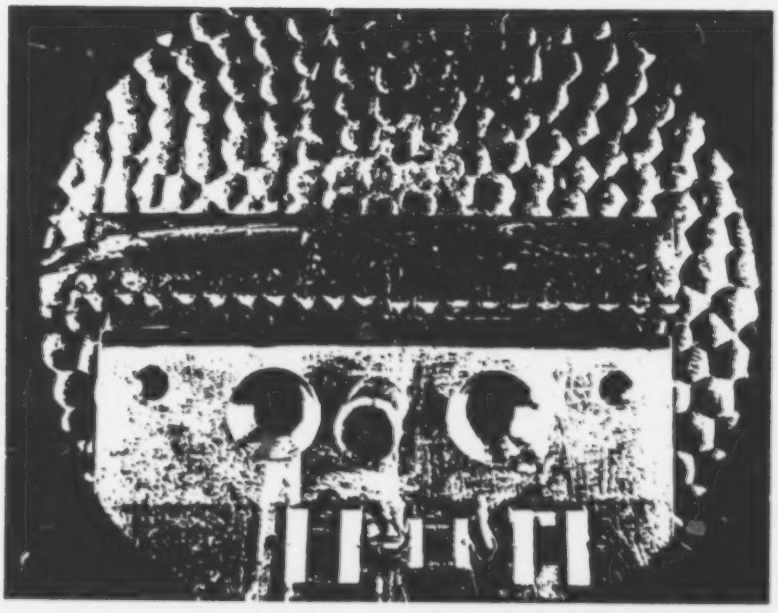


FIGURE 35A : CABLE ET CONNECTEUR DU CIRCUIT IMPRIMÉ

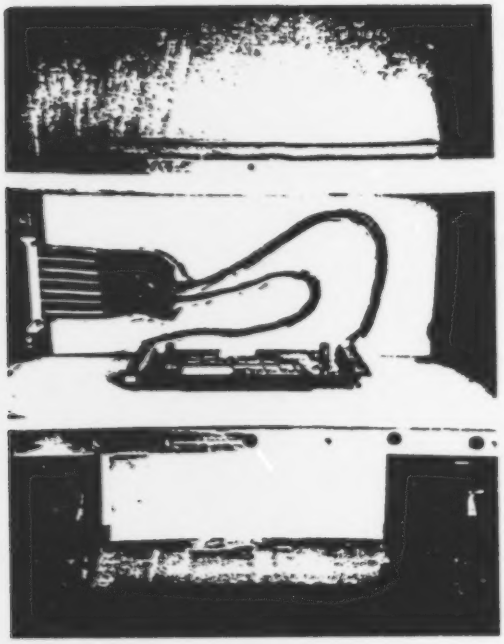


FIGURE 35B : INTERCONNEXION ENTRE LE CABLE NO 40
ET LE CABLE PLAT

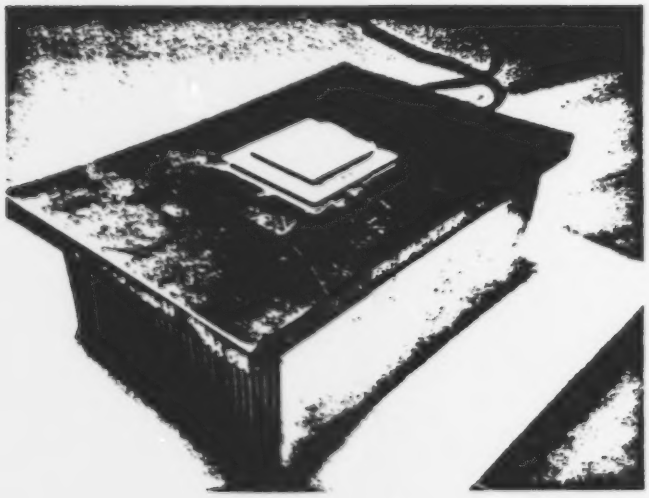


FIGURE 35C : UNITE DE REFRIGERATION " MELCOR"

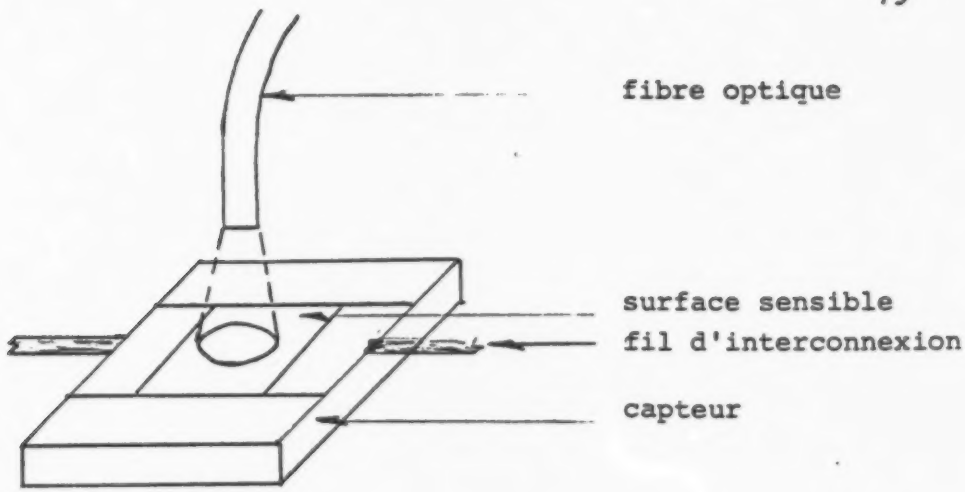


FIGURE 36 : INTERSECTION DU CERCLE LUMINEUX SUR LA SURFACE ACTIVE DU DÉTECTEUR AU PBS

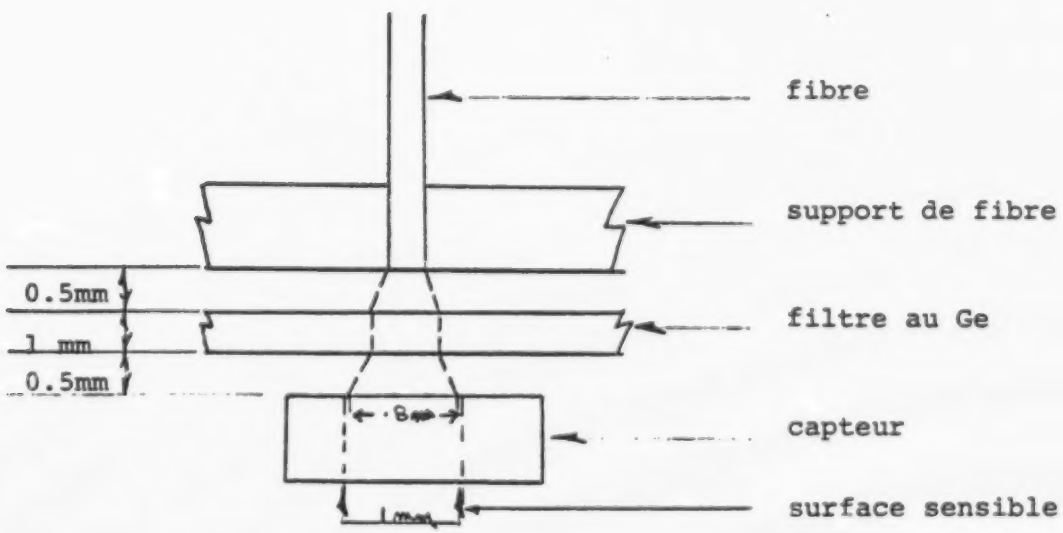


FIGURE 37 : ENSEMBLE SUPPORT-FILTRE AU GERMANIUM ET DÉTECTEUR PBS

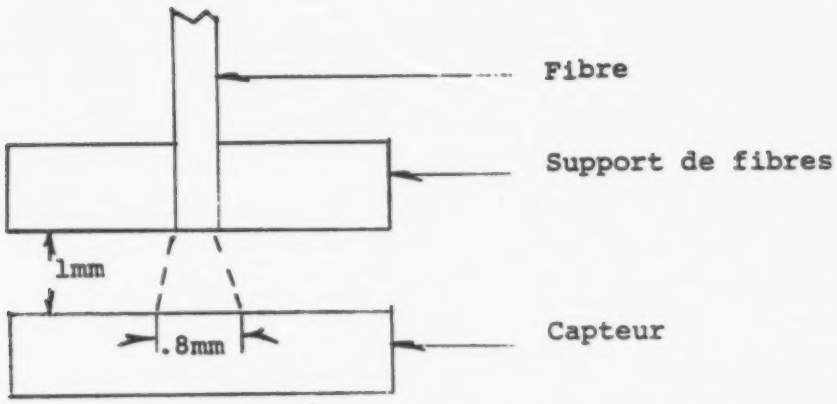


FIGURE 38 : ENSEMBLE SANS FILTRE AU GERMANIUM

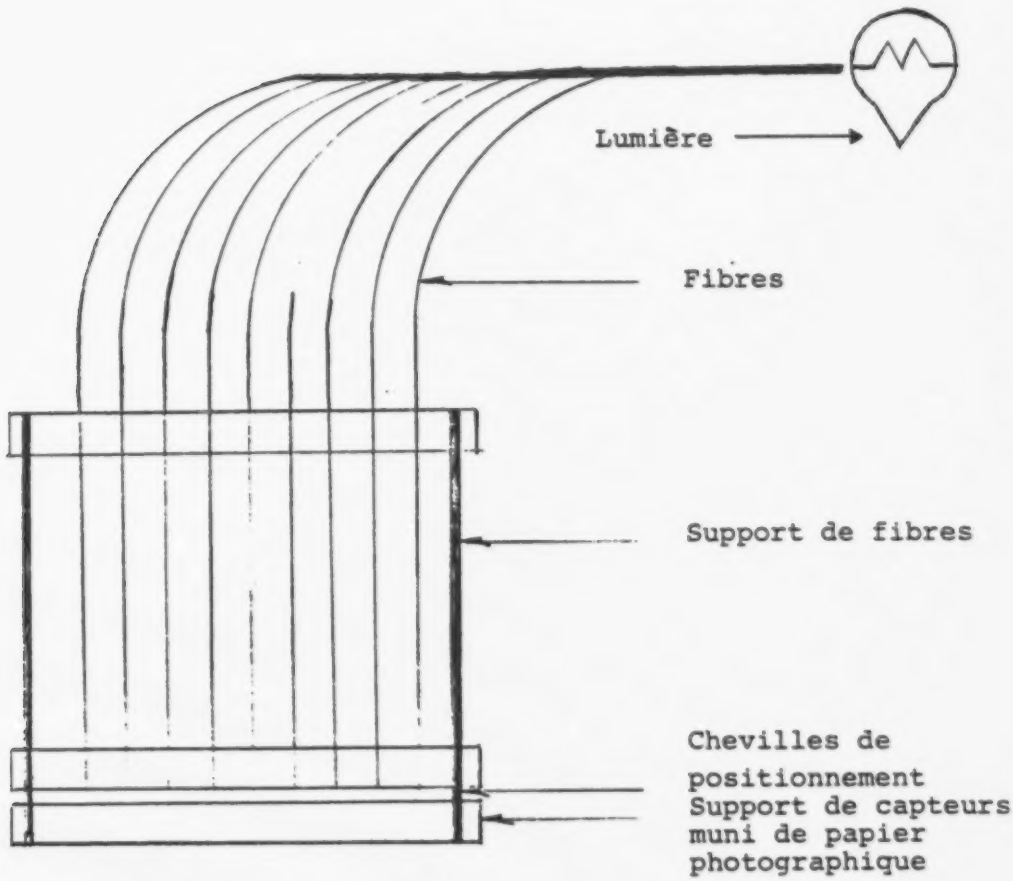


FIGURE 39 : MONTAGE POUR OBTENIR L'IMAGE DE POSITIONNEMENT DE DÉTECTEUR AU PBS

IMAGE SERVANT À POSITIONNER LES DÉTECTEURS

FIGURE 40

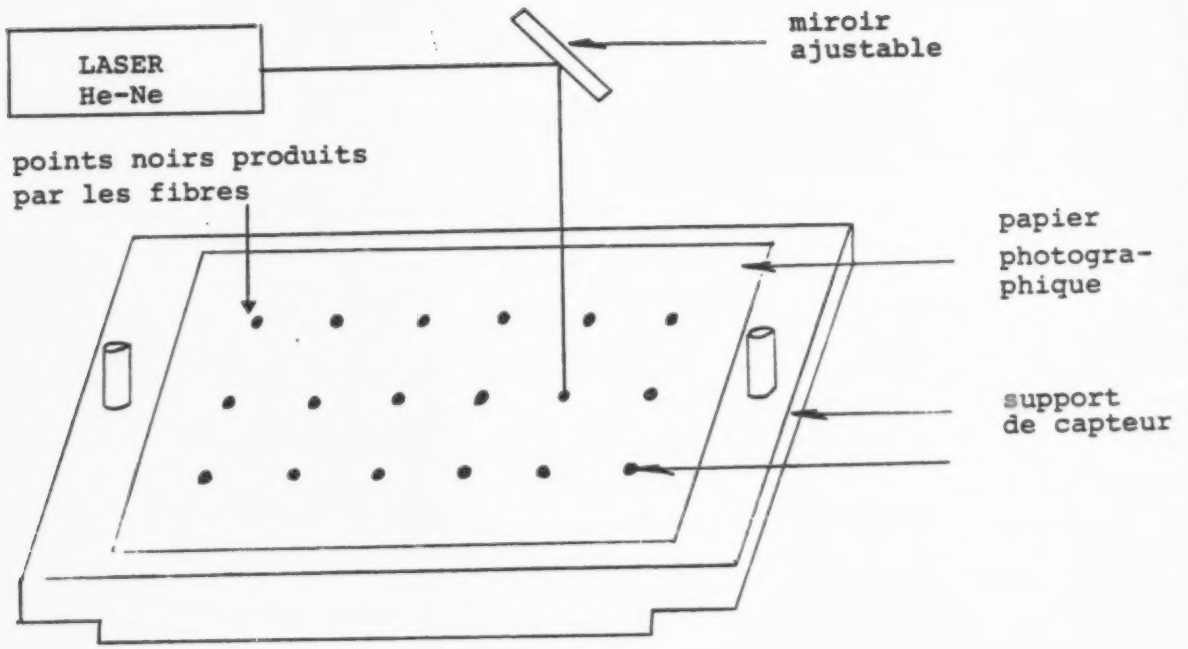


FIGURE 41 : FOCALISATION DU PINCEAU LUMINEUX SUR UN POINT DE POSITIONNEMENT

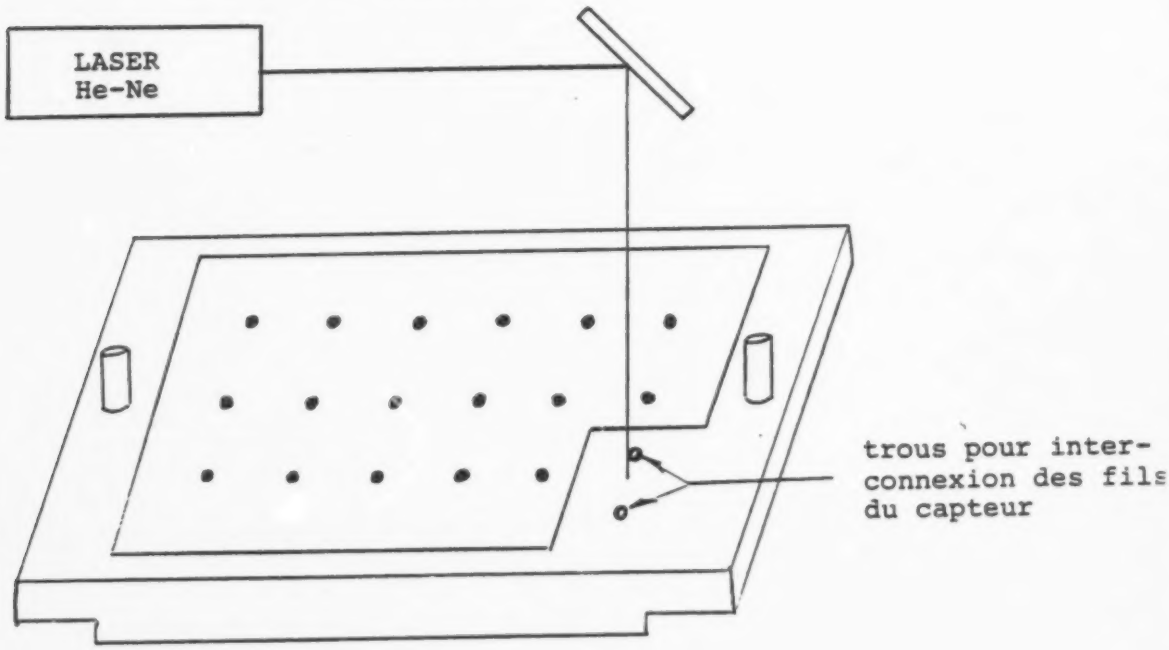
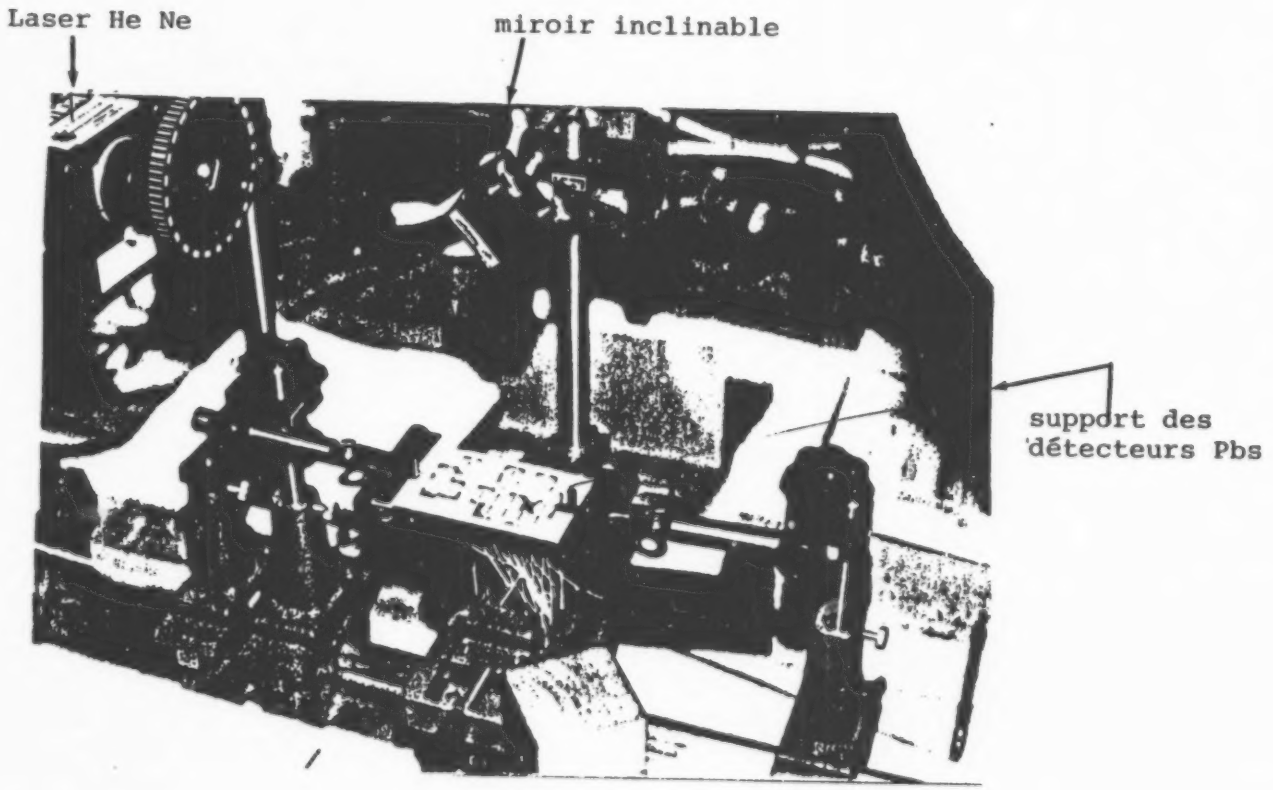
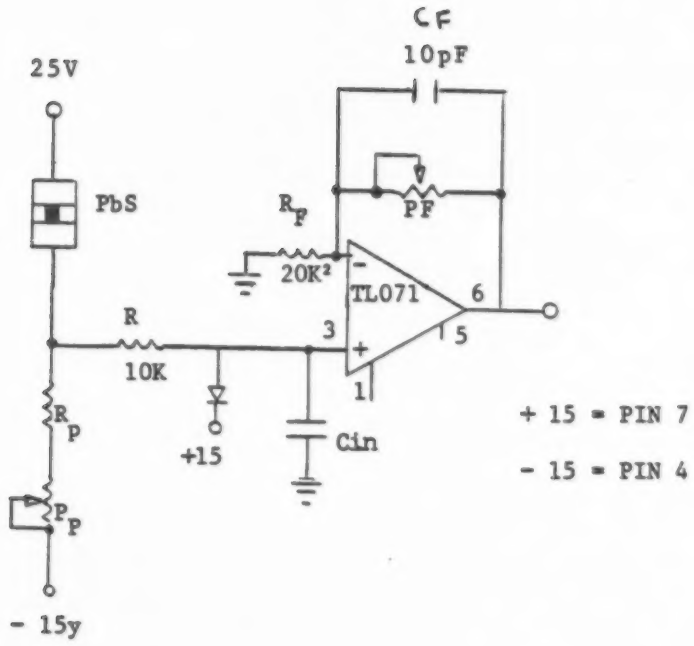


FIGURE 42 : DECOUPAGE POUR L'EMPLACEMENT DU PREMIER DÉTECTEUR AU PBS POSITIONNÉ



MONTAGE OPTIQUE POUR LE POSITIONNEMENT DES DÉTECTEURS

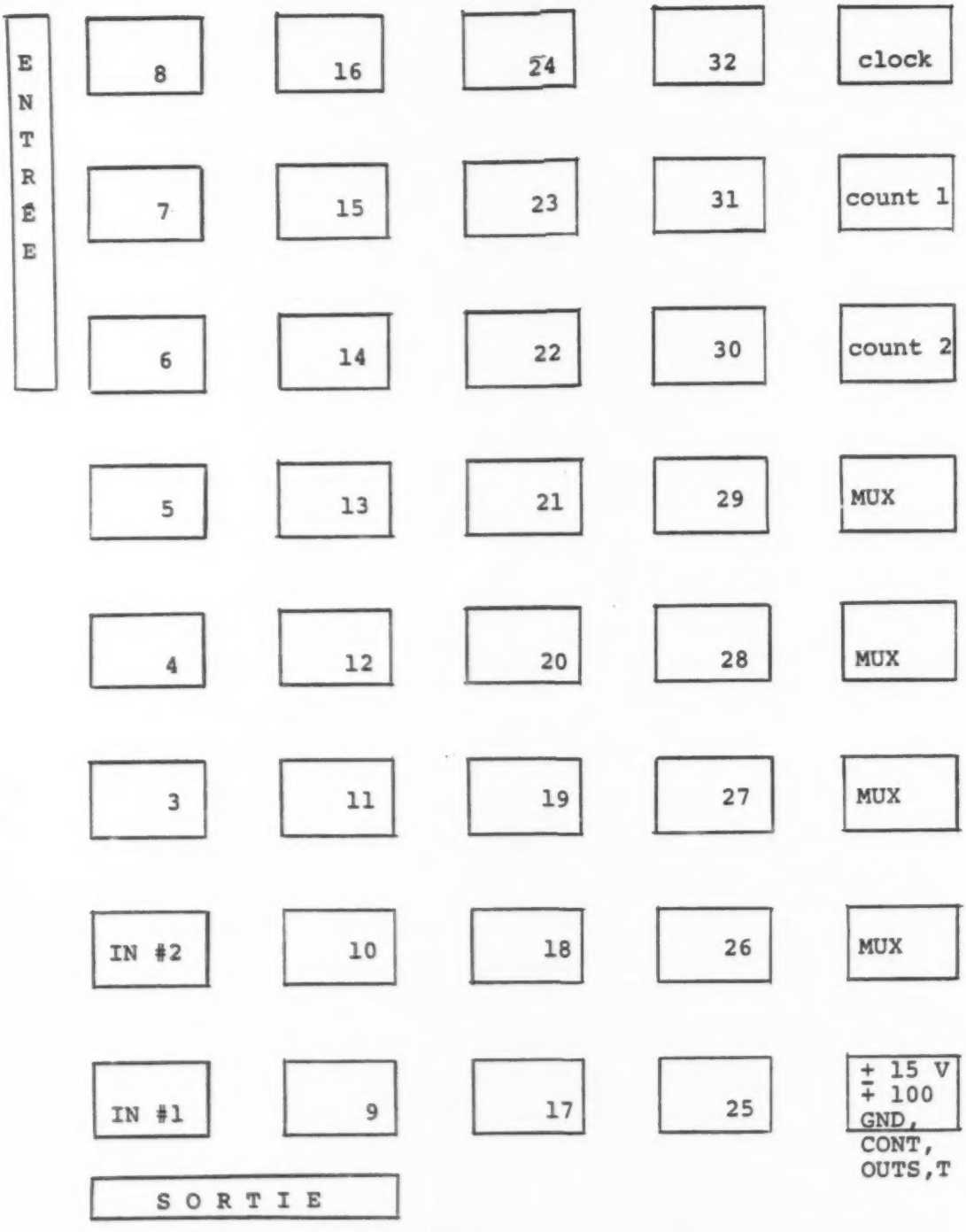
FIGURE 43



SCHEMA TYPIQUE D'UN

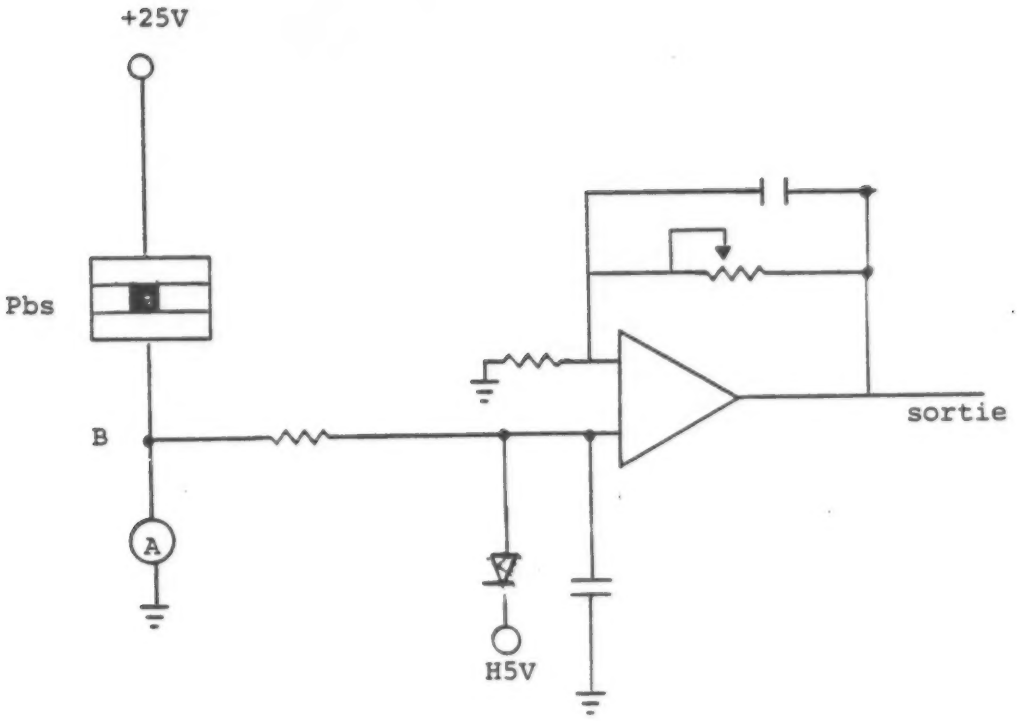
PREAMPLIFICATEUR POUR DÉTECTEUR AU PbS

FIGURE 44



DISPOSITION DES PIÈCES

FIGURE 45



MESURE DE L'IMPÉDANCE

FIGURE 46

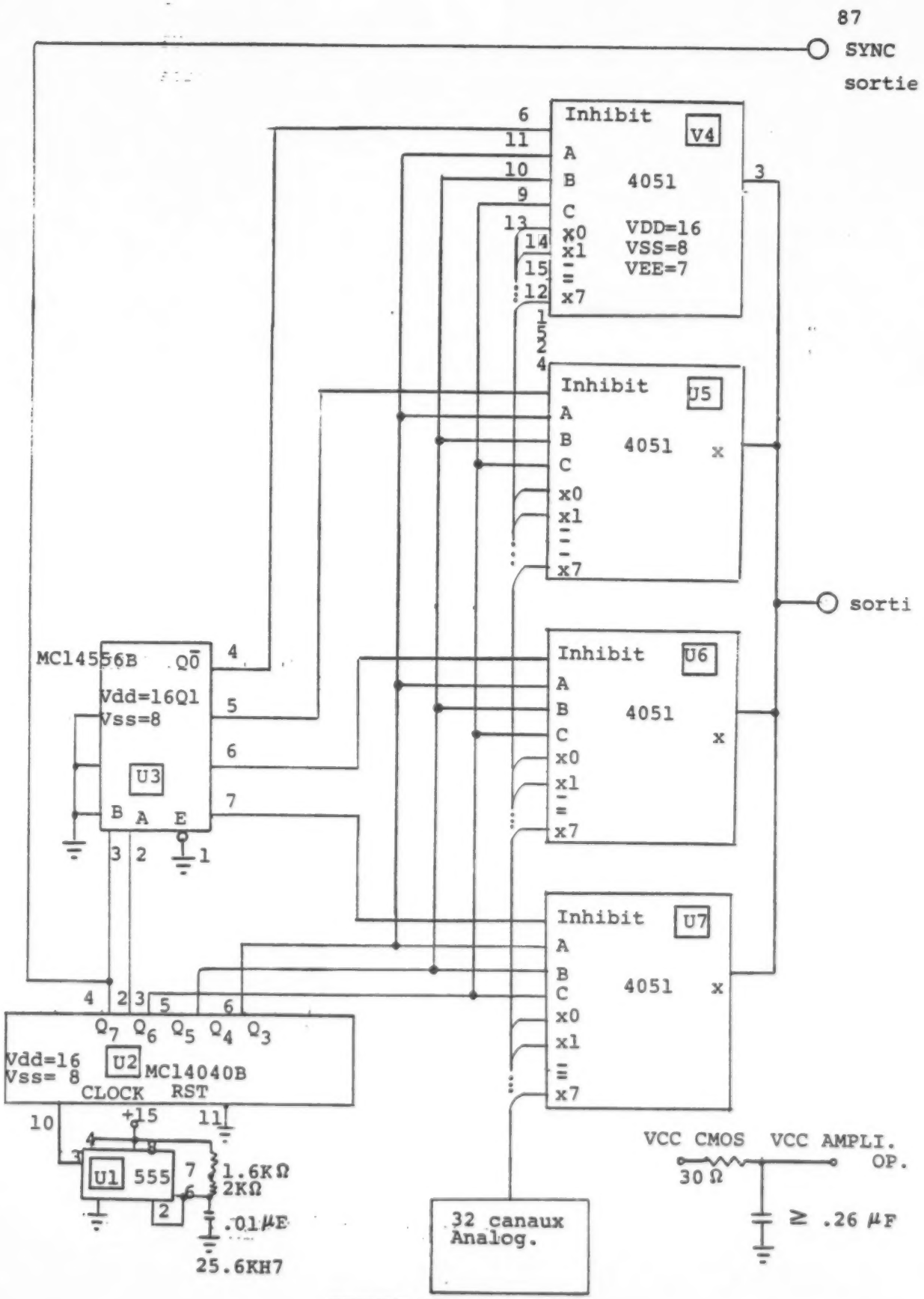
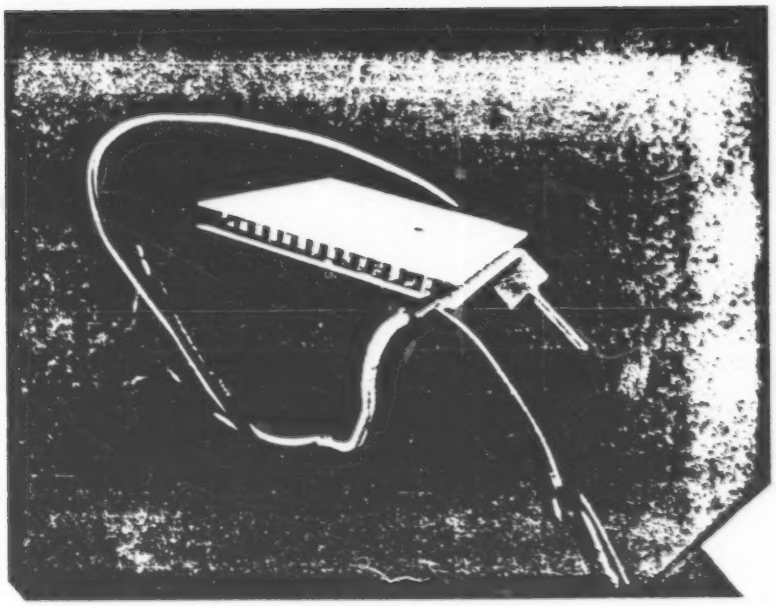
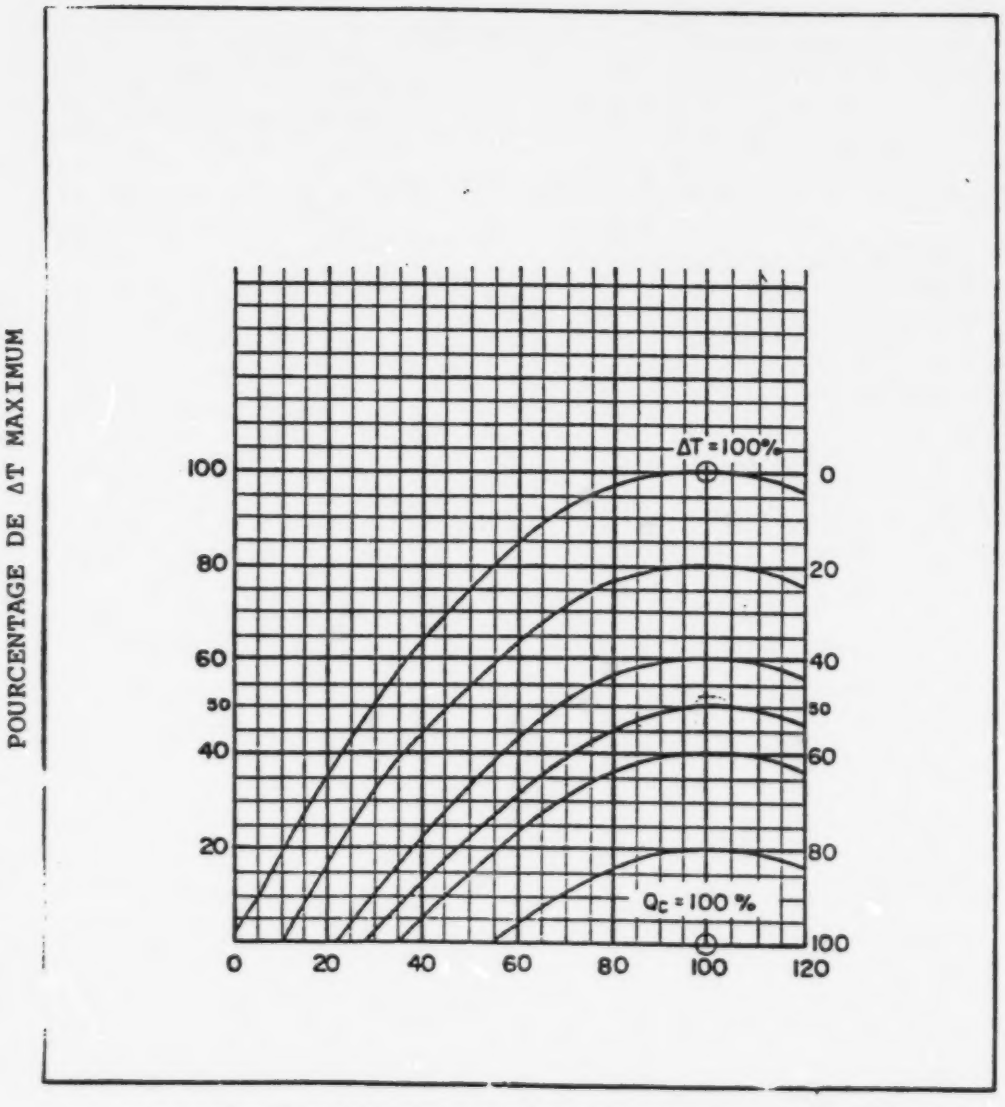

SYNC
sortie
Inhibit V4
4051
VDD=16
VSS=8
VEE=7
Inhibit U5
Inhibit U6
Inhibit U7
sorti
MC14556B
Vdd=16
Vss=8
U3
MC14040B
U2
CLOCK
RST
555
U1
1.6KΩ
2KΩ
.01μF
25.6KHz
32 canaux Analog.
VCC CMOS
VCC AMPLI. OP.
30 Ω
≥ .26 μF

FIGURE 47



JONCTION A EFFET " PELTIER"

FIGURE 48



CARACTÉRISTIQUES DE LA CHALEUR POMPÉE PAR UNE JONCTION THERMOÉLECTRIQUE

POURCENTAGE DU COURANT OPTIMAL

FIGURE 49

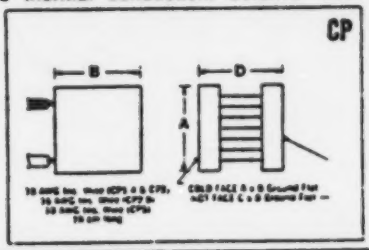
MELCOR
MATERIALS ELECTRONIC PRODUCTS CORP.
994 SPRUCE STREET
TRENTON, NEW JERSEY 08648 U.S.A.
TELEPHONE (609) 393-4178 / TELEX 843314

SOLID STATE COOLING WITH THERMOELECTRICS

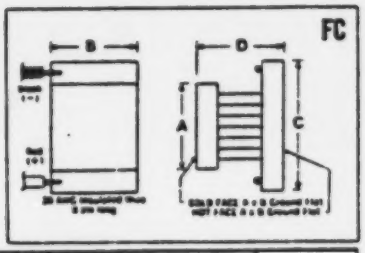
THERMOELECTRIC (PELTIER) HEAT PUMP MODULE SPECIFICATIONS

Thermocouples constructed of N & P elements of highest grade bismuth telluride in form of oriented polycrystalline ingots. Ingot ends soldered to copper bus bars interfaced with ceramic plates, affording good mechanical integrity, high dielectric strength and thermal conduction. Ceramic faces lapped flat (designated Type L) for mechanical interfacing (compression) with heat exchangers. Solderable hot face available on special order, specify Type TL. Temperature Range, −150°C to +110°C. Solid state construction.

CP SERIES



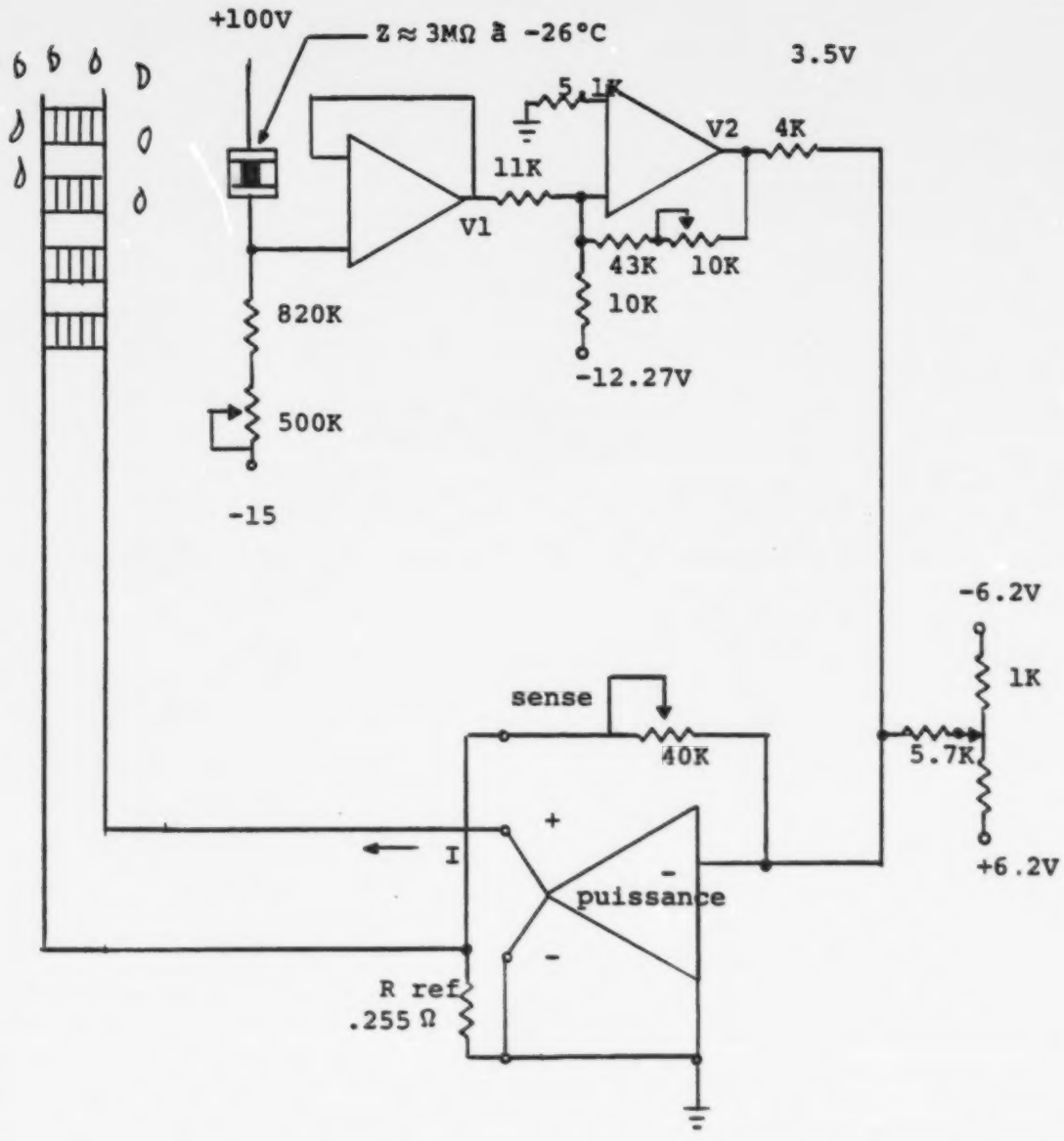
FC SERIES



CATALOG NUMBER	I MAX. AMPS	Q MAX. WATTS HOT FACE Th = 27°C	V MAX. VOLTS	ΔT MAX. °C	MULTIPLIER Q & V	DIMENSIONS MM A	B	C	D	WEIGHT GMS
CP SERIES										
CP 1.4- 3-10L	3.6	0.8	0.36	70.0	0.04	5.0	10.0		4.8	0.6
CP 1.4- 7-10L	3.6	1.9	0.85	70.0	0.10	10.0	10.0		4.8	1.4
CP 1.4-11-10L	3.6	2.9	1.33	70.0	0.15	10.0	15.0		4.8	2.2
CP 1.4-17-10L	3.6	4.6	2.06	70.0	0.24	15.0	15.0		4.8	3.4
CP 1.4-31-10L	3.6	8.3	3.75	70.0	0.44	20.0	20.0		4.8	6.4
CP 1.4-35-10L	3.6	9.4	4.24	70.0	0.49	15.0	30.0		4.8	7.0
CP 1.4-71-10L	3.6	19.0	8.60	70.0	1.00	30.0	30.0		4.8	14.2
CP 1.4-127-10L	3.6	34.0	15.0	70.0	1.80	40.0	40.0		4.8	25.4
CP 1.4- 3-06L	6.0	1.3	0.36	67.5	0.04	5.0	10.0		3.8	0.5
CP 1.4- 7-06L	6.0	3.0	0.85	67.5	1.10	10.0	10.0		3.8	1.2
CP 1.4-11-06L	6.0	4.6	1.33	67.5	0.15	10.0	15.0		3.8	1.8
CP 1.4-17-06L	6.0	7.2	2.06	67.5	0.24	15.0	15.0		3.8	2.9
CP 1.4-31-06L	6.0	13.0	3.75	67.5	0.44	20.0	20.0		3.8	5.5
CP 1.4-35-06L	6.0	14.8	4.24	67.5	0.49	15.0	30.0		3.8	6.0
CP 1.4-71-06L	6.0	30.0	8.60	67.5	1.00	30.0	30.0		3.8	12.2
CP 1.4-127-06L	6.0	53.6	15.4	67.5	1.80	40.0	40.0		3.8	21.8
CP 2 - 3-10L	8.5	1.8	0.36	70.0	0.10	8.0	15.0		5.7	1.9
CP 2 - 7-10L	8.5	4.3	0.85	70.0	0.23	15.0	15.0		5.7	4.3
CP 2 -15-10L	8.5	9.2	1.81	70.0	0.48	15.0	30.0		5.7	8.9
CP 2 -31-10L	8.5	19.0	3.75	70.0	1.00	30.0	30.0		5.7	18.5
CP 2 - 3-06L	14.0	2.9	0.36	67.5	0.10	8.0	15.0		4.7	1.6
CP 2 - 7-06L	14.0	6.8	0.85	67.5	0.23	15.0	15.0		4.7	3.6
CP 2 -15-06L	14.0	14.5	1.81	67.5	0.48	15.0	30.0		4.7	7.5
CP 2 -31-06L	14.0	30.0	3.75	67.5	1.00	30.0	30.0		4.7	15.7
CP 2.8- 4-06L	24.0	6.5	0.48	67.5	0.12	10.0	20.0		4.7	4.3
CP 2.8- 8-06L	24.0	13.0	0.95	67.5	0.25	20.0	20.0		4.7	8.5
CP 2.8-12-06L	24.0	19.5	1.42	67.5	0.37	20.0	30.0		4.7	12.8
CP 2.8-16-06L	24.0	26.0	1.90	67.5	0.50	20.0	40.0		4.7	17.0
CP 2.8-32-06L	24.0	52.0	3.80	67.5	1.00	40.0	40.0		4.7	34.0
CP 5 -31-10L	36.0	81.0	3.75	70.0	1.00	55.0	55.0		5.7	73.0
CP 5 -31-06L	60.0	130.0	3.75	67.5	1.00	55.0	55.0		4.7	64.5
FC SERIES										
FC 0.6- 4-06L	1.1	0.30	0.48	67.5	0.125	2.1	4.1	4.1	2.7	All weights below 0.7 g
FC 0.6- 8-06L	1.1	0.60	0.97	67.5	0.250	4.1	4.1	6.2	2.7	
FC 0.6-12-06L	1.1	0.90	1.46	67.5	0.375	4.1	6.2	6.2	2.7	
FC 0.6-18-06L	1.1	1.35	2.18	67.5	0.562	6.2	6.2	8.2	2.7	
FC 0.6-32-06L	1.1	2.40	3.88	67.5	1.000	8.2	8.2	10.3	2.7	
FC 0.6-66-06L	1.1	5.00	8.00	67.5	2.060	11.2	11.2	14.2	2.7	
FC 0.6- 4-05L	1.4	0.38	0.48	67.5	0.125	2.1	4.1	4.1	2.4	All weights below 0.7 g
FC 0.6- 8-05L	1.4	0.75	0.97	67.5	0.250	4.1	4.1	6.2	2.4	
FC 0.6-12-05L	1.4	1.13	1.46	67.5	0.375	4.1	6.2	6.2	2.4	
FC 0.6-18-05L	1.4	1.69	2.18	67.5	0.562	6.2	6.2	8.2	2.4	
FC 0.6-32-05L	1.4	3.00	3.88	67.5	1.000	8.2	8.2	10.3	2.4	
FC 0.6-66-05L	1.4	6.20	8.00	67.5	2.060	11.2	11.2	14.2	2.5	
FC 0.7- 4-05L	1.9	0.52	0.48	67.5	0.125	2.3	4.6	4.6	2.4	All weights below 0.7 g
FC 0.7- 8-05L	1.9	1.04	0.97	67.5	0.250	4.6	4.6	6.9	2.4	
FC 0.7-12-05L	1.9	1.56	1.46	67.5	0.375	4.6	6.9	6.9	2.4	
FC 0.7-18-05L	1.9	2.34	2.18	67.5	0.562	6.9	6.9	9.2	2.4	
FC 0.7-32-05L	1.9	4.16	3.88	67.5	1.000	9.2	9.2	11.5	2.4	

FC 0.6-4-0.6 = 0.6 mm x 0.6 mm element cross section — 4 thermocouples — .08" element height.

FIGURE 50 : FEUILLE DE SPÉCIFICATIONS



CONTRÔLE DE LA TEMPÉRATURE

FIGURE 51

POSITIONNEUR XYZ

FIBRE OPTIQUE

OBJECTIF DE MICROSCOPE

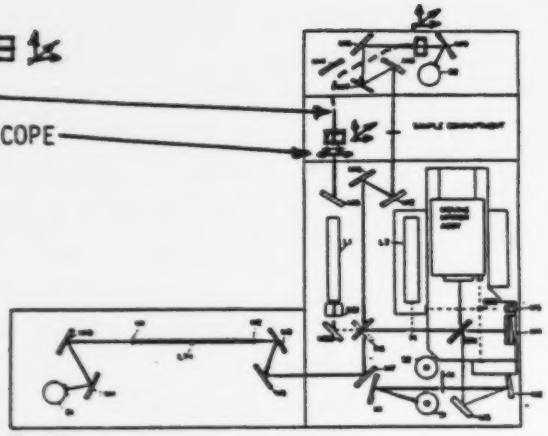


Figure 48.
Optical path diagram of the 7199 dual beam sampling system with CC-IR accessory (left).

LEGEND

S1	-Source	M10	-Off-Axis Paraboloic Mirror, 3.5" E.F.L.
S2	-Second source		
M1	-Spherical Mirror, 4.5" E.F.L.		
A1	-Aperture and Chopper	D1	-HgCdTe Detector and Dewar
M2	-Spherical Mirror, 3.0" E.F.L.		
M3	-Flat Mirror	M16,M17	-2-Position, Computer-Controlled Flat Mirrors
BS1	-Beamsplitter and Compensator		
BS2	-White Light Beamsplitter	M12,M13,M14,M15	-Off-Axis Paraboloic Mirror, 3.5" E.F.L.
M4	-Fixed Mirror		
M5	-White Light Mirror	M18	-Flat Mirror
P1	-Centerline Laser Prism	M19	-Off-Axis Paraboloic Mirror, 3.5" E.F.L.
M6	-4-Position, Computer-Controlled Flat Mirror	D2	-IR Detector
		L2	-Centerline Laser
M7,M8	-Flat Mirror	L1	-Alignment Laser
M9,M11	-Off-Axis Paraboloic Mirror, 3.5" E.F.L.	EC1	-Beam Expander
		M20	-Flat Mirror
W1,W2	-KBr windows		
LP1	-3.0 x 430 mm Gold-lined Pyrex Light-Pipe	White Light Beam	
		Infrared Beam	
		Laser Beam	

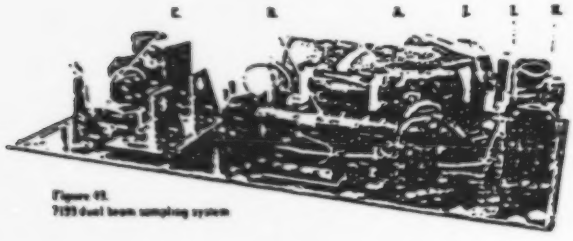
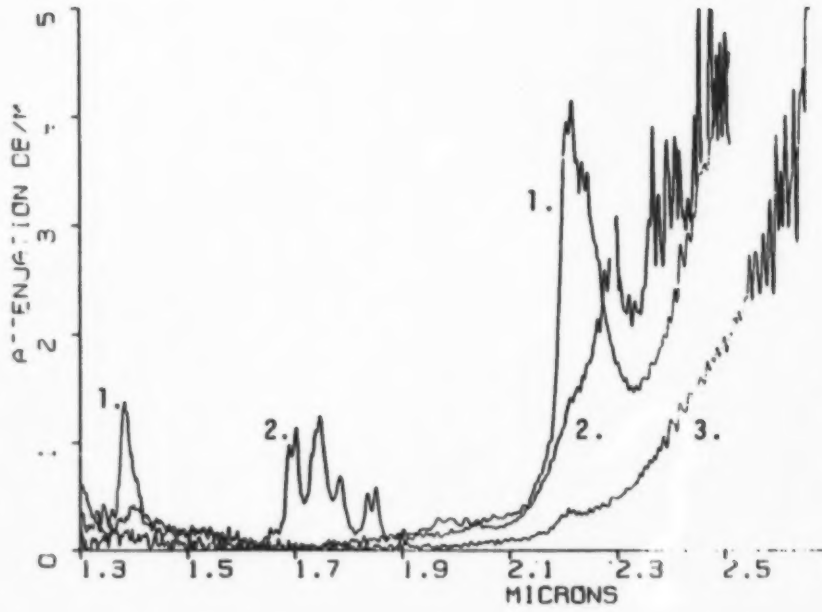


Figure 49.
7199 dual beam sampling system

MONTAGE DU SPECTROMÈTRE INTERFÉRENTIEL IR

FIGURE : 52



FIBRES OPTIQUES

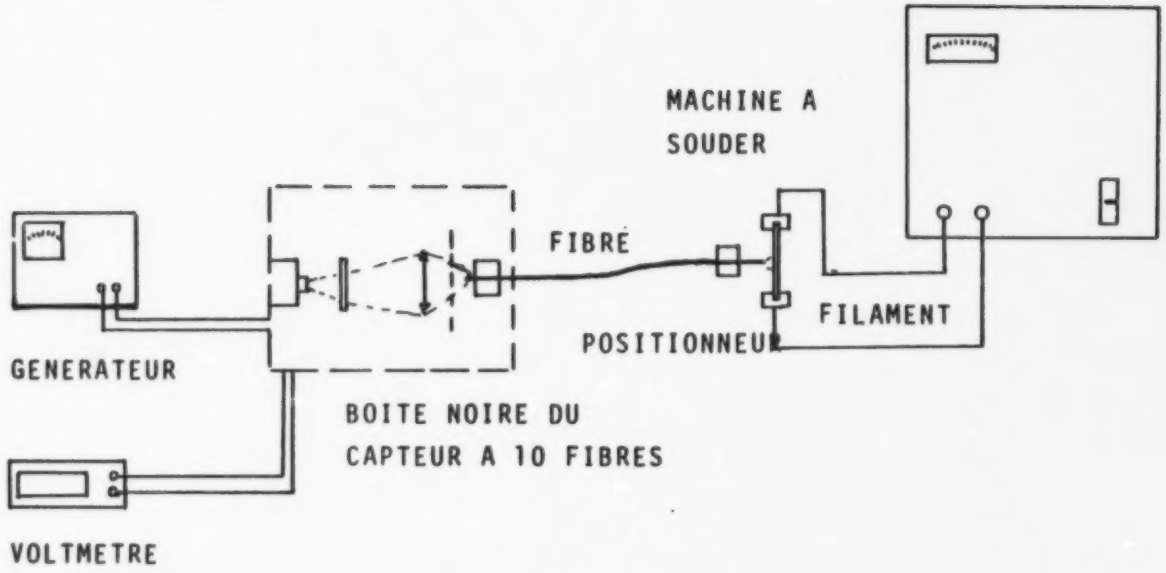
1) QSF-AS-200/300

2) ANHYDROGUIDE

3) SUMITOMO FC-100

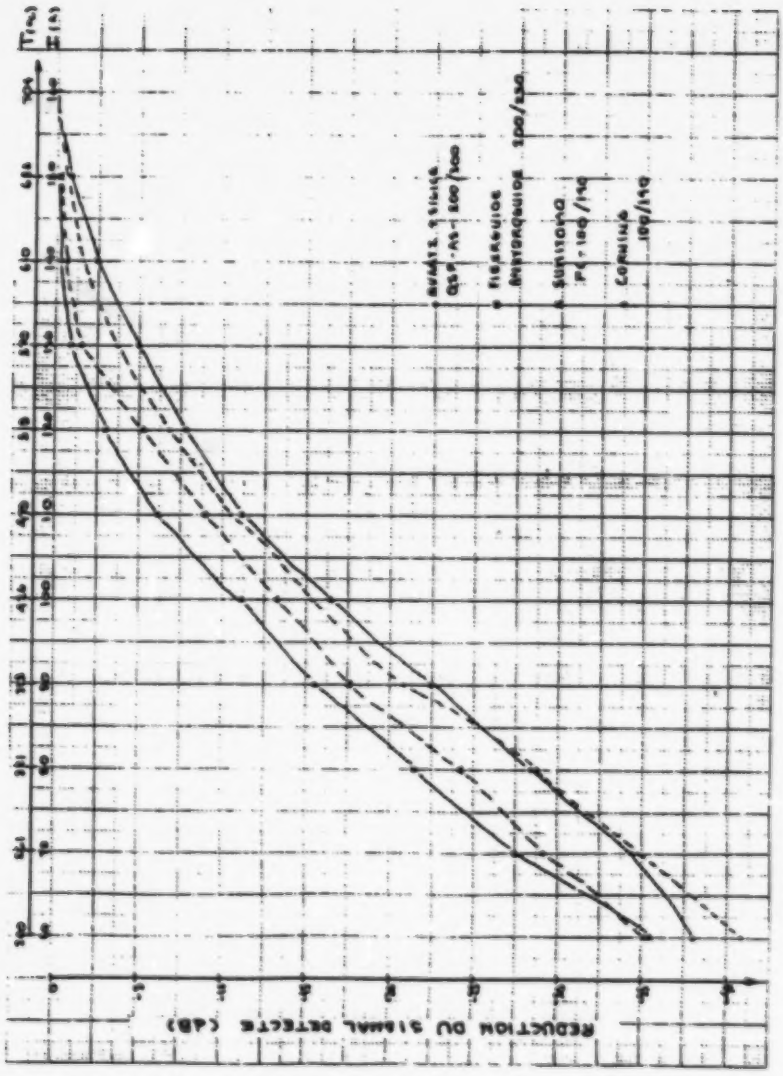
ATTÉNUATION DES FIBRES OPTIQUES EN FONCTION DE LA LONGUEUR D'ONDE

FIGURE: 53



MONTAGE EXPÉRIMENTAL POUR LA MESURE DE L'ATTENUATION EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

FIGURE 54



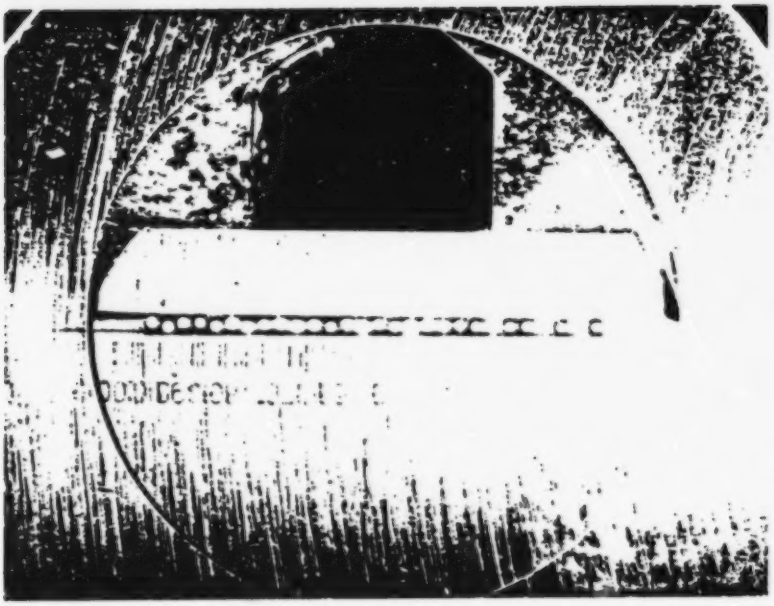
RÉDUCTION DU SIGNAL DÉTECTÉ EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE DU FILAMENT ET DU COURANT DE SOUDAGE

FIGURE 55

1	COMPAGNIE	:	QUARTZ ET SILICE
	RÉFÉRENCE	:	QSF-AS-200/300
	DIAMÈTRE DU COEUR	:	200 MICROMÈTRES (SILICE)
	DIAMÈTRE DU CLADDING	:	300 MICROMÈTRES (SILICE)
	DIAMÈTRE DE LA JACQUETTE	:	650 MICROMÈTRES (TEFZEL)
2	COMPAGNIE	:	FIBERGUIDE INDUSTRIES
	RÉFÉRENCE	:	ANHYDROGUIDE (PCS)
	DIAMÈTRE DU COEUR	:	210 MICROMÈTRES (SILICE)
	DIAMÈTRE DU CLADDING	:	230 MICROMÈTRES (PLASTIQUE)
	DIAMÈTRE DE LA JACQUETTE	:	255 MICROMÈTRES (NYLON)
3	COMPAGNIE	:	SUMITOMO ELECTRIC
	RÉFÉRENCE	:	FC-100
	DIAMÈTRE DU COEUR	:	100 MICROMÈTRES (SILICE)
	DIAMÈTRE DU CLADDING	:	140 MICROMÈTRES (SILICE)
	DIAMÈTRE DE LA JACQUETTE	:	400 MICROMÈTRES (ACRYLATE)

CARACTÉRISTIQUES DES FIBRES OPTIQUES

TABLEAU 1



BARRETTE DE FIBRES OPTIQUES DE TYPE ANHYDROGUIDE (PCS)

FIGURE 56

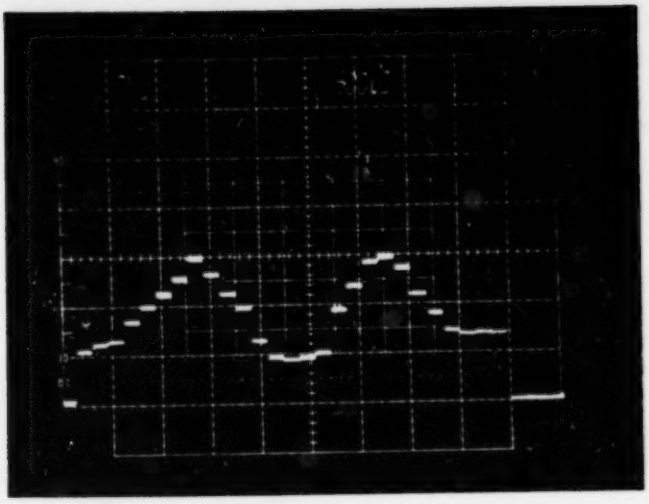


FIGURE 57:

IMAGE PROTOTYPE 1 (BIS)

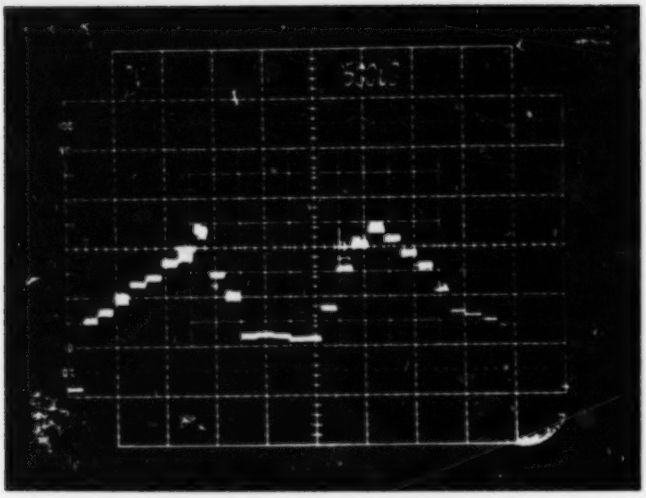


FIGURE 58:

IMAGE PROTOTYPE 1(B1S)

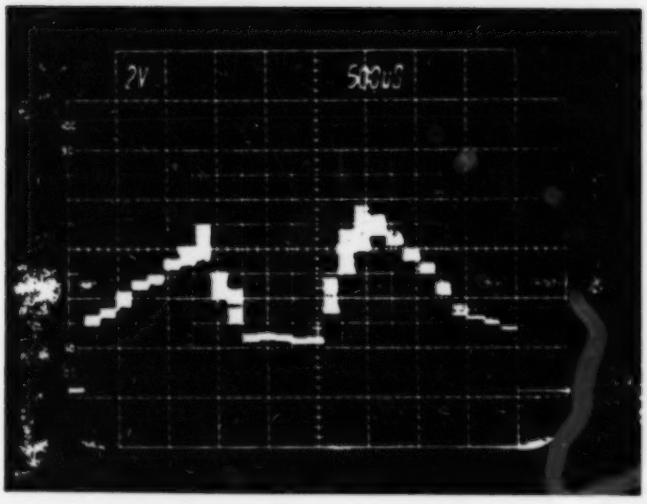
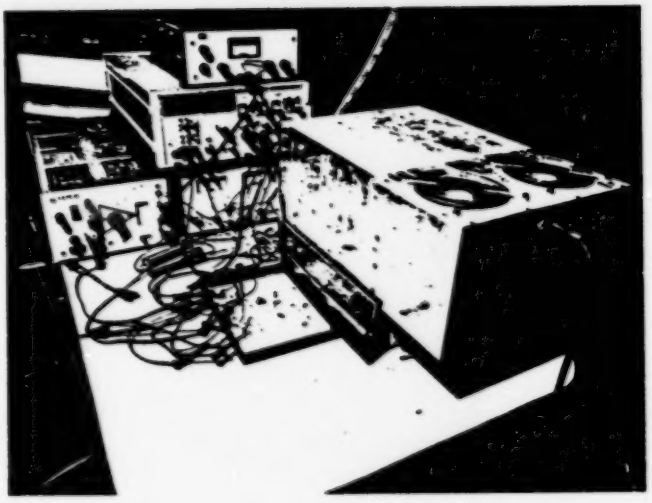


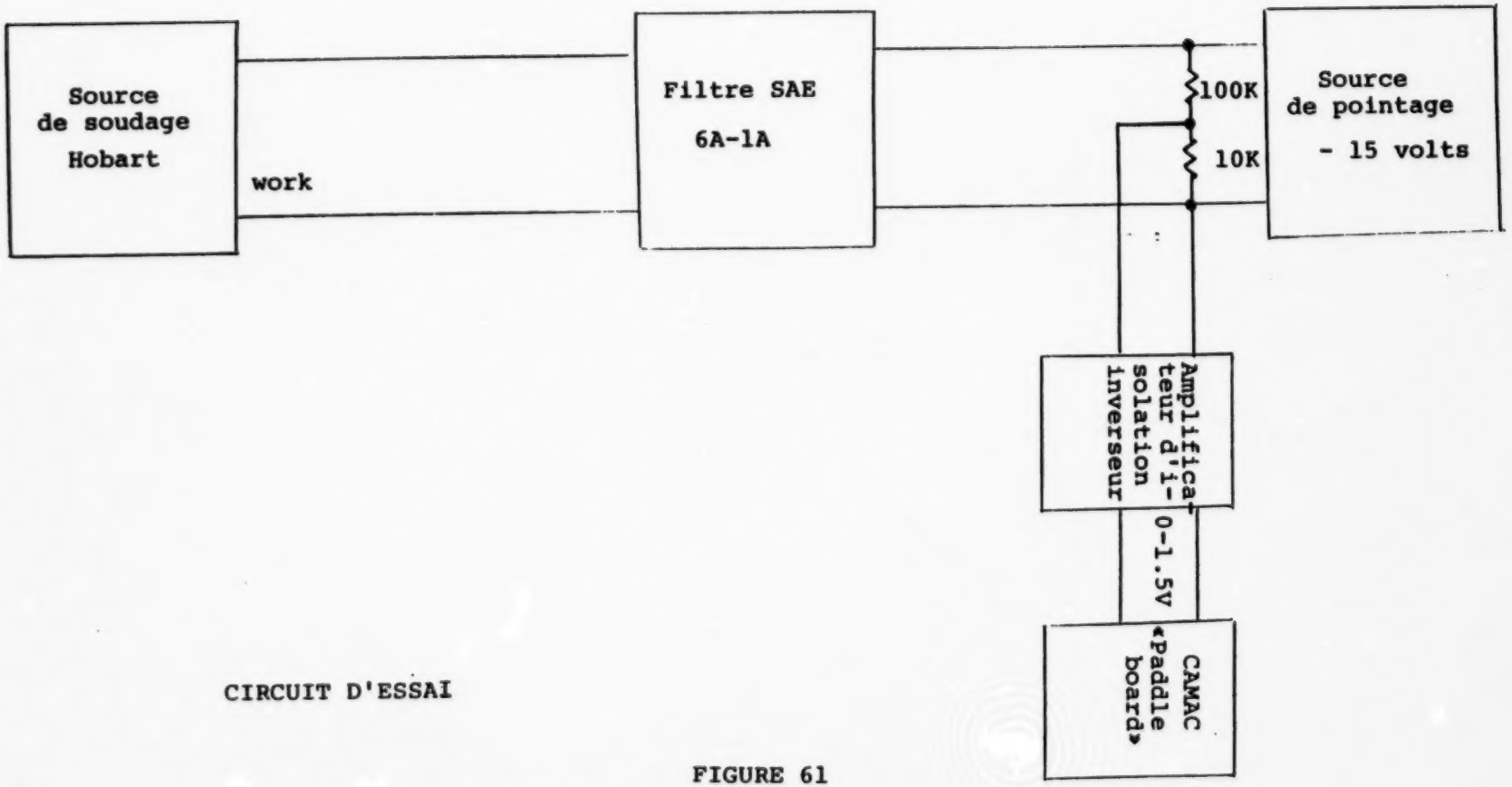
FIGURE 59:

IMAGE PROTOTYPE 1 (BIS)



PROTOTYPE NUMÉRO 1 (BIS) DE DÉTECTION 1R

FIGURE 60



CIRCUIT D'ESSAI

FIGURE 61

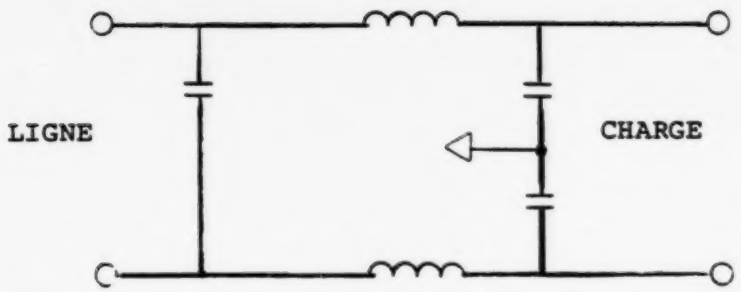


FIGURE 62: SCHÉMA ÉLECTRIQUE DU FILTRE SAE GA-1A

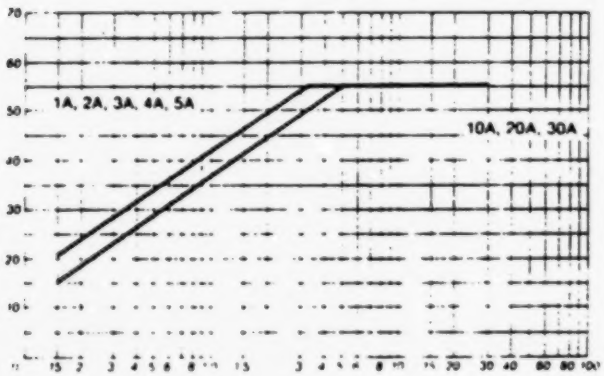
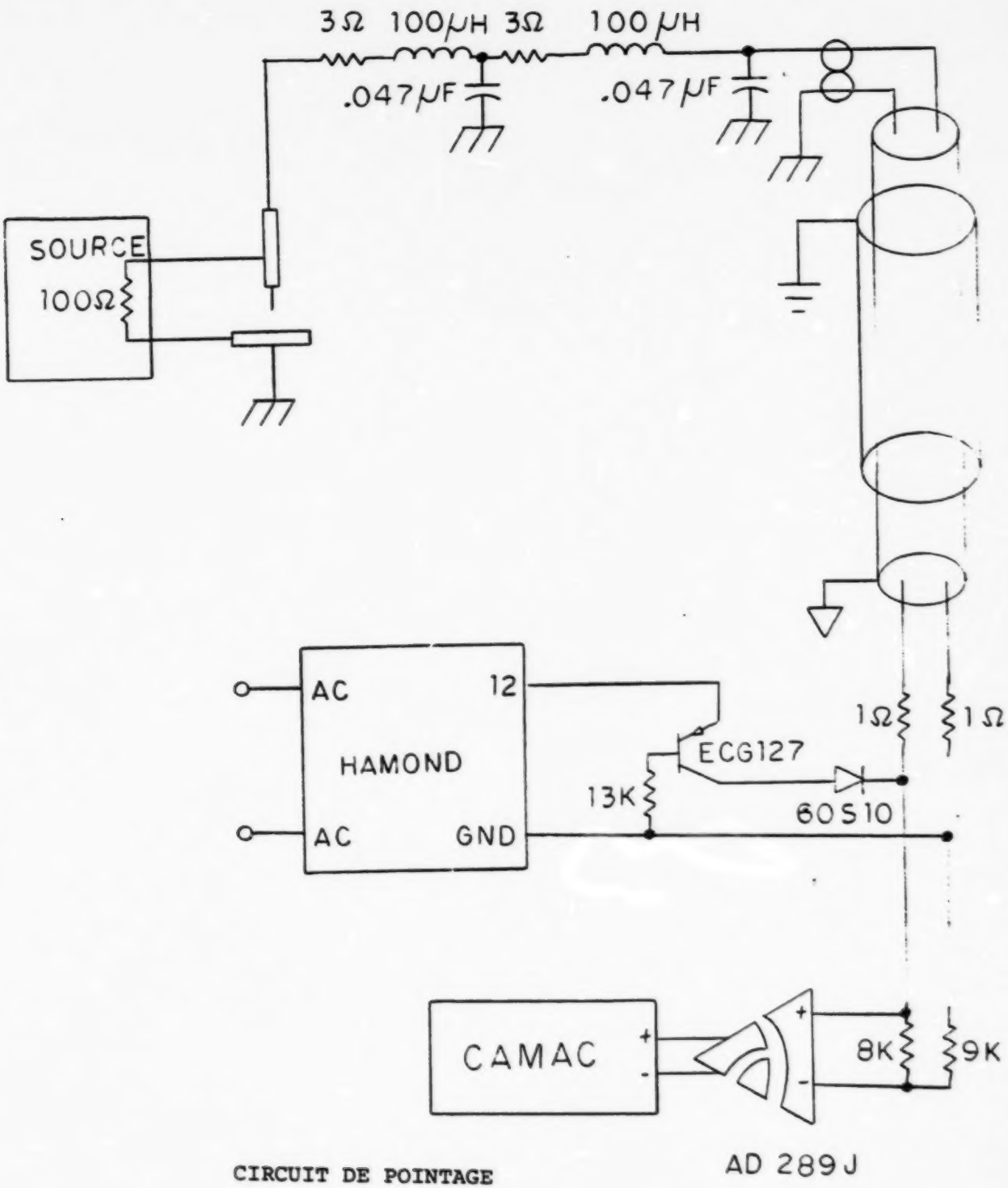
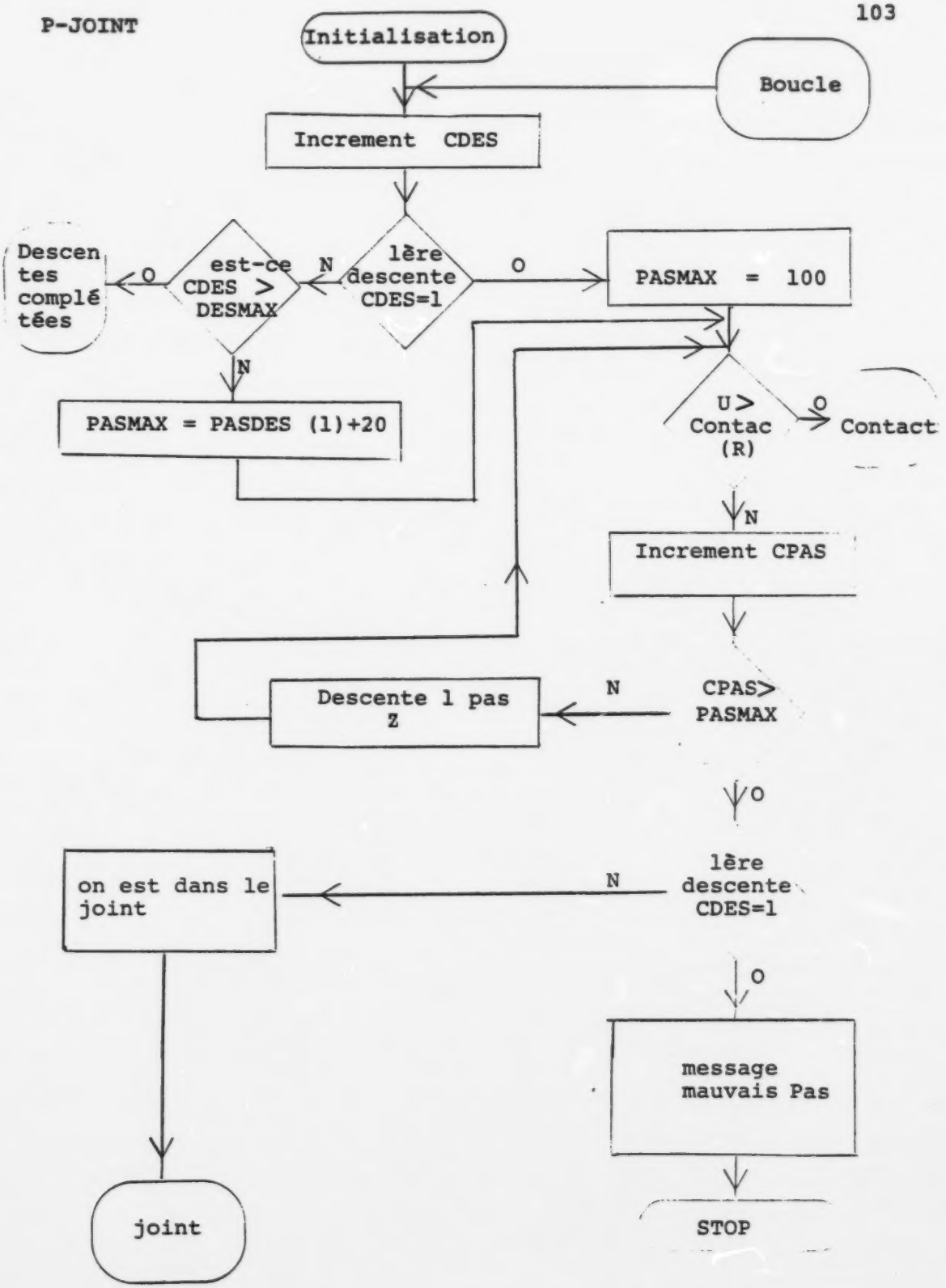


FIGURE 63: COURBE DE RÉPONSE EN FREQUENCE DU FILTRE SAE GA-IA



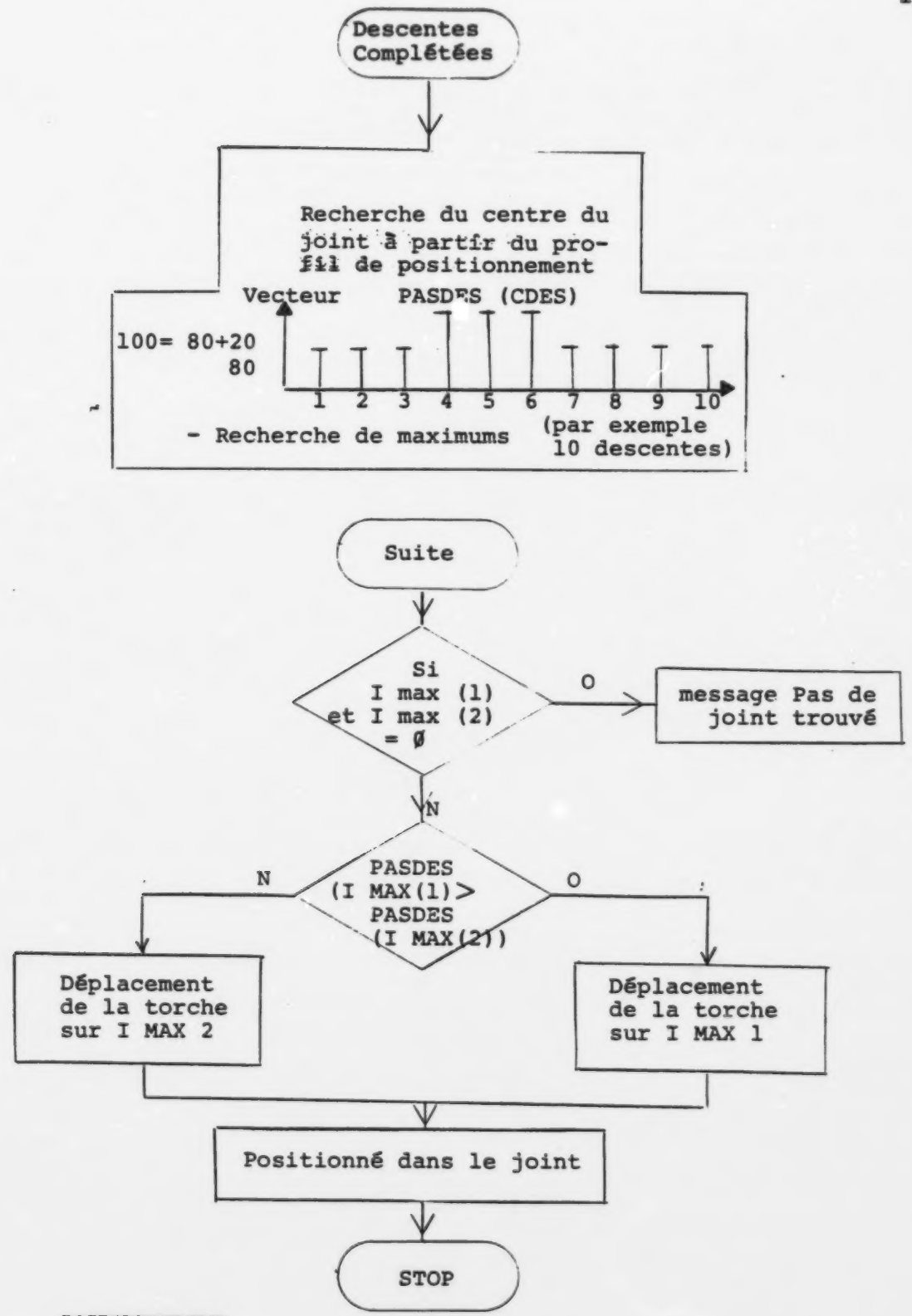
CIRCUIT DE POINTAGE

FIGURE 64



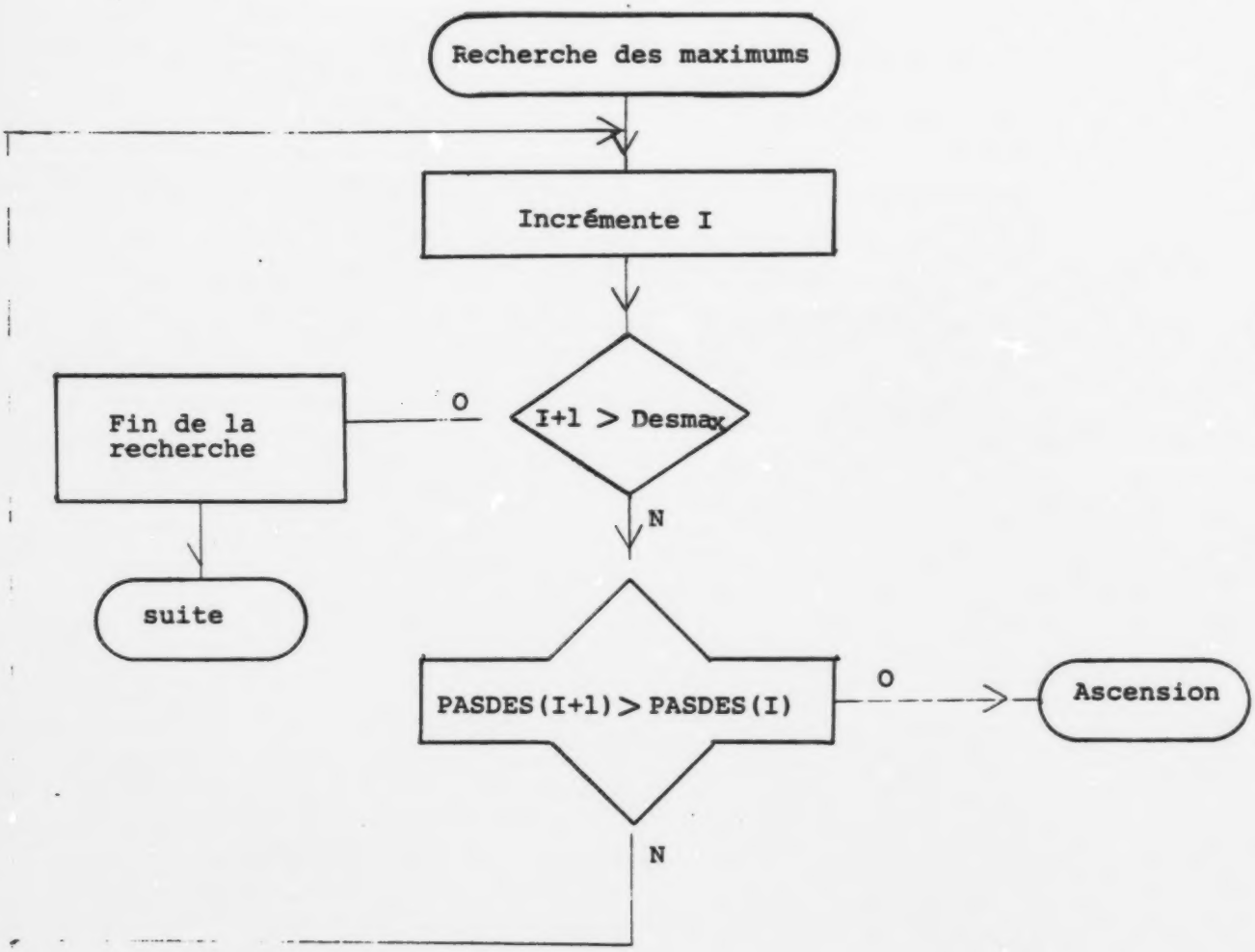
PROGRAMME PRINCIPAL

FIGURE 65



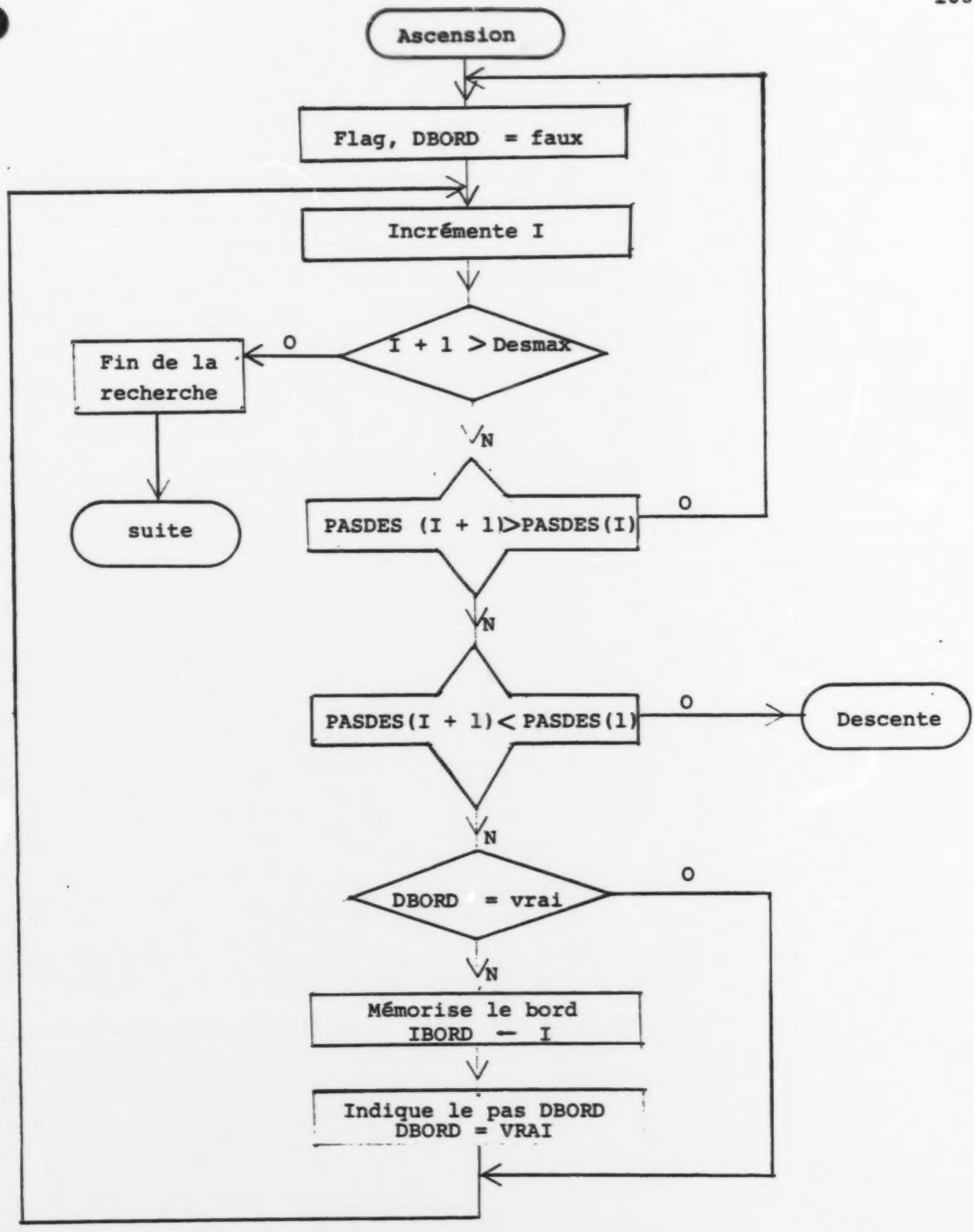
POSITIONNEMENT

FIGURE 66



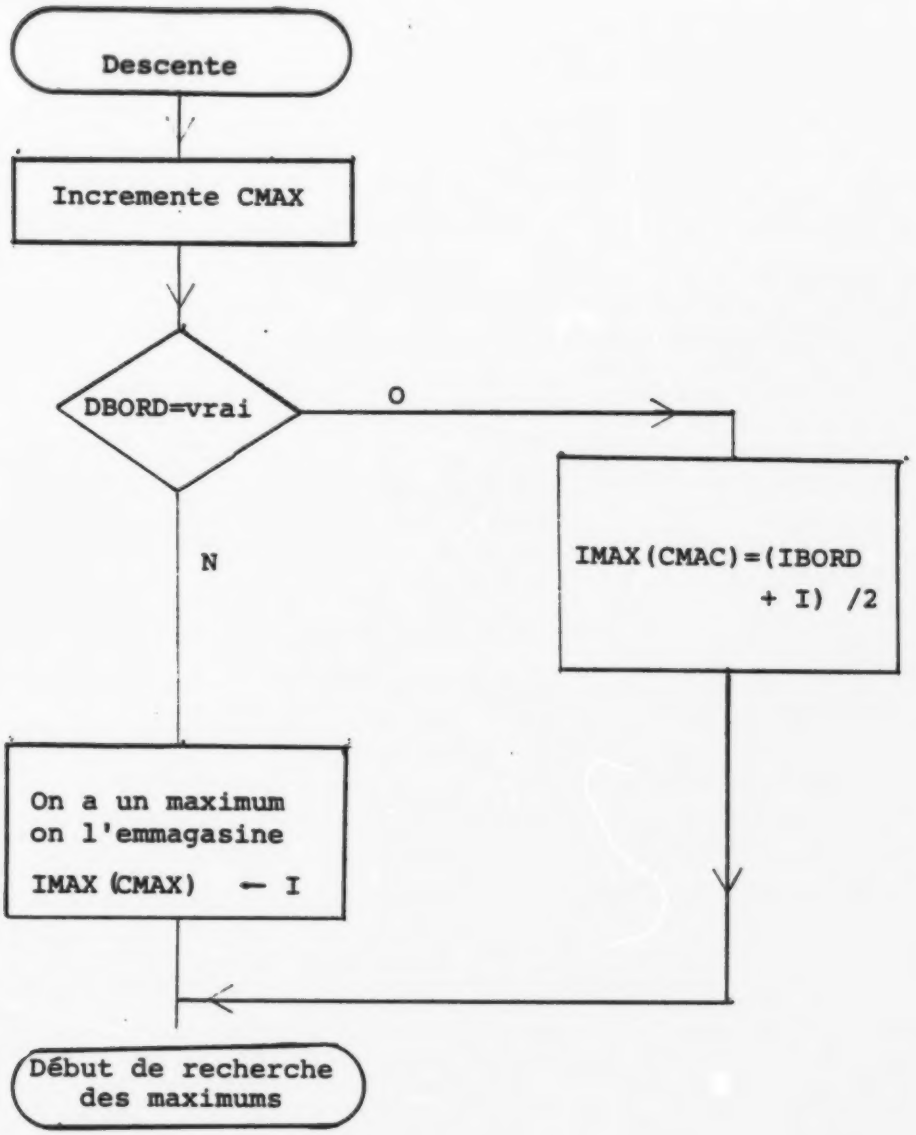
RECHERCHE DES MAXIMUMS

FIGURE 67



ASCENSION

FIGURE 68



DESCENTE

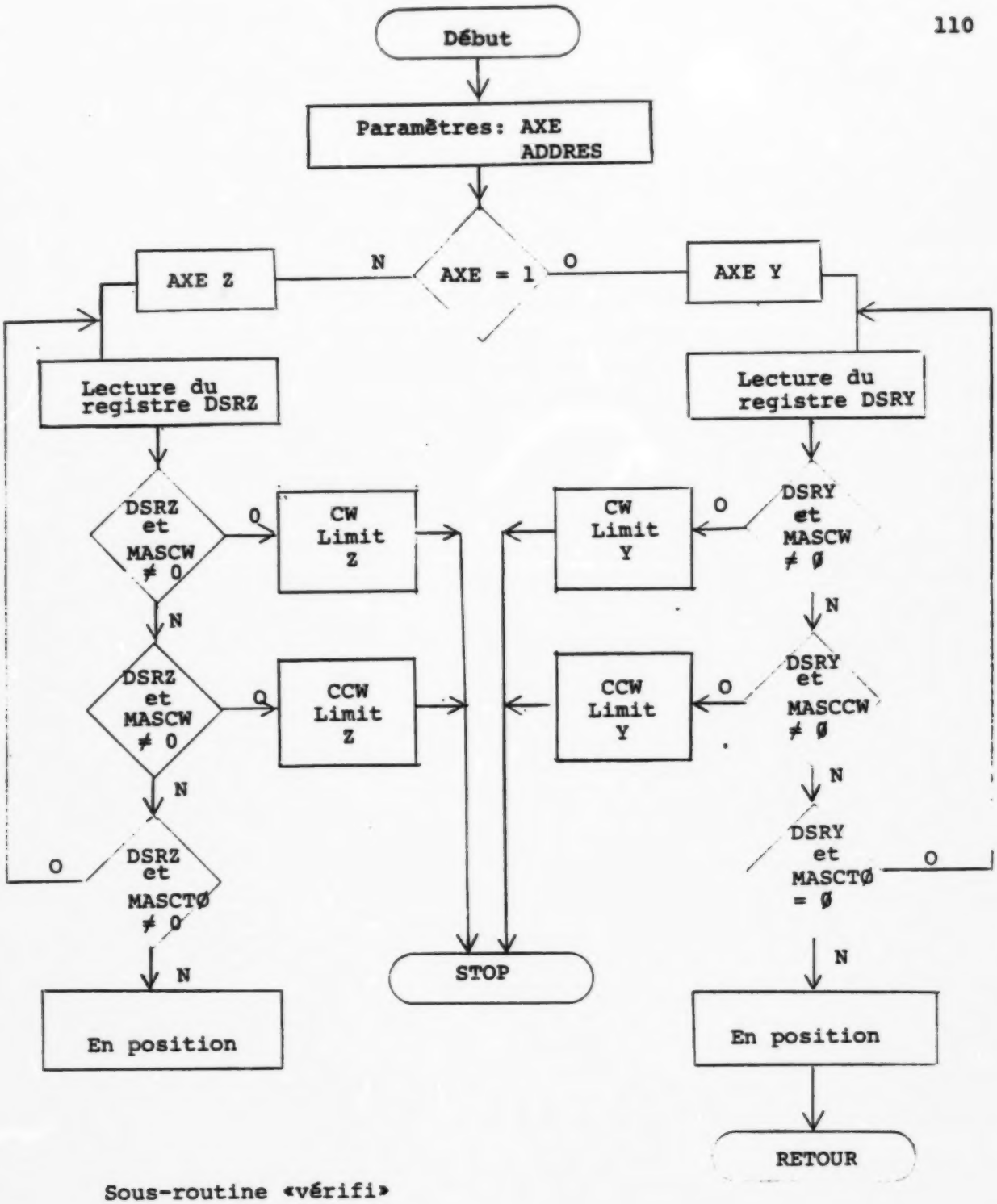
FIGURE 69

CONTACT

FIGURE 70

CALCUL DU PROFIL

FIGURE 71



Sous-routine «vérifi»

FIGURE 72

DPDESC: Drapeau d'indication de la première descente

CDES : Compteur de descente de la torche

PASDES(CDES):
Nombre de pas de la descente indicé du numéro de la descente. Utilisé pour le profil du joint (vecteur)

I : Indice pointeur pour le tableau PASDES (CPES) pour la recherche des maximums

I BORD: Indice pointeur du bord du plateau

D BORD: Drapeau indiquant que l'on mémorise un bord, c'est-à-dire que l'on a un plateau

I MAX (CMAX): Vecteur de 2 mots pour les maximums

CMAX : Compteur de maximums, on permet 2 pas plus

CPAS : Compteur de pas Z

PASMAX: Déplacement Z maximum

PASVEC: Nombre de pas pour la remontée verticale lors du contact de l'électrode sur la plaque

PASLAT: Nombre de pas pour le déplacement latéral

PASVET: Nombre de pas pour la remontée verticale lors de l'arrêt de la descente dans le joint

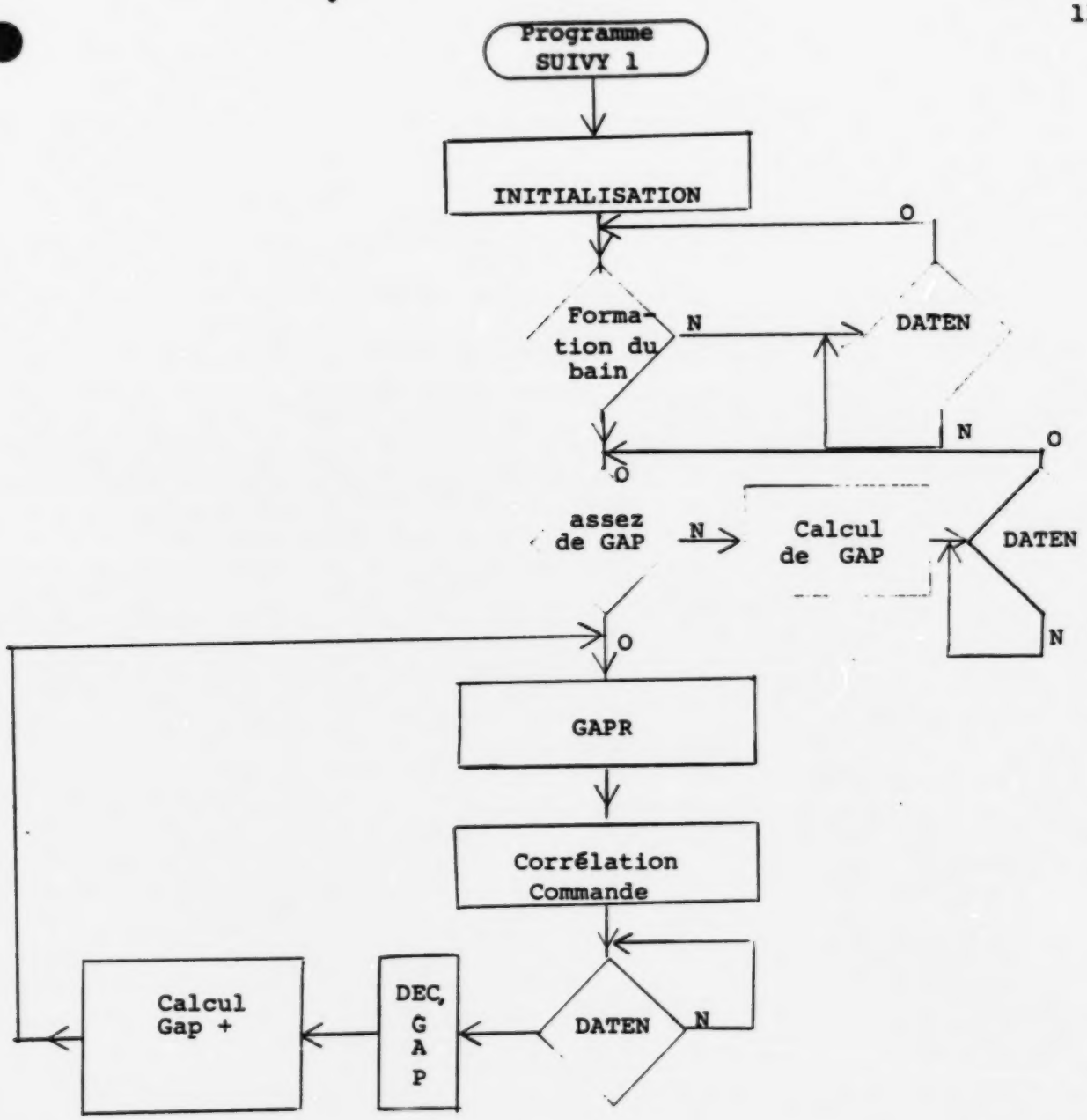
ADDRES: Adresse du registre Y ou Z

AXE : Axe Y ou Z

PASPOS: Pas nécessaire requis pour le positionnement au centre du joint

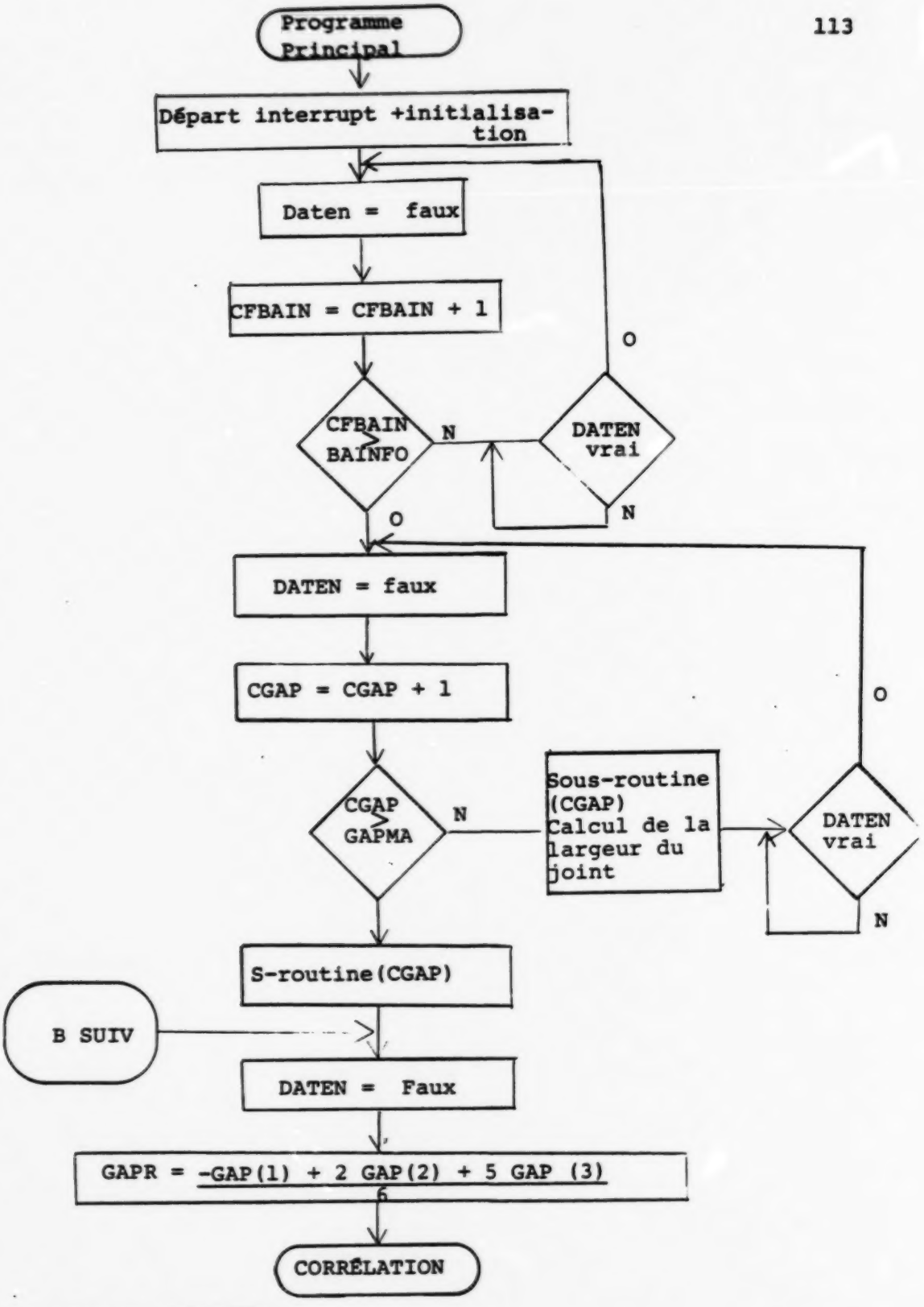
DÉFINITION DES VARIABLES

FIGURE 73



PROGRAMME SUIVY 1

FIGURE 74



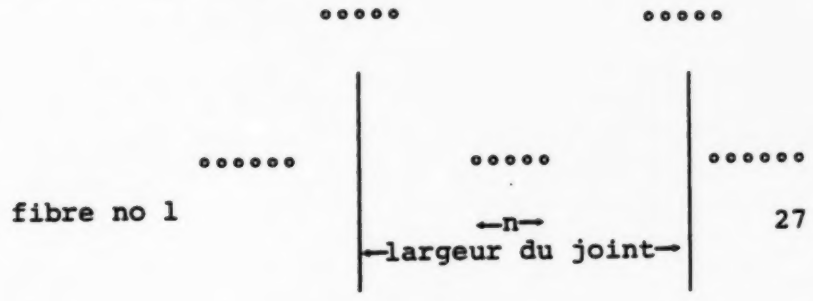
PROGRAMME PRINCIPAL

FIGURE 75

CORRELATION: $C(i) = \sum_{j} F(i + j)$

i: nombre de calculs de corrélation à faire
avec 27 fibres et deux fenêtres de largeur 5 pts

i = 0 à (17 - n)



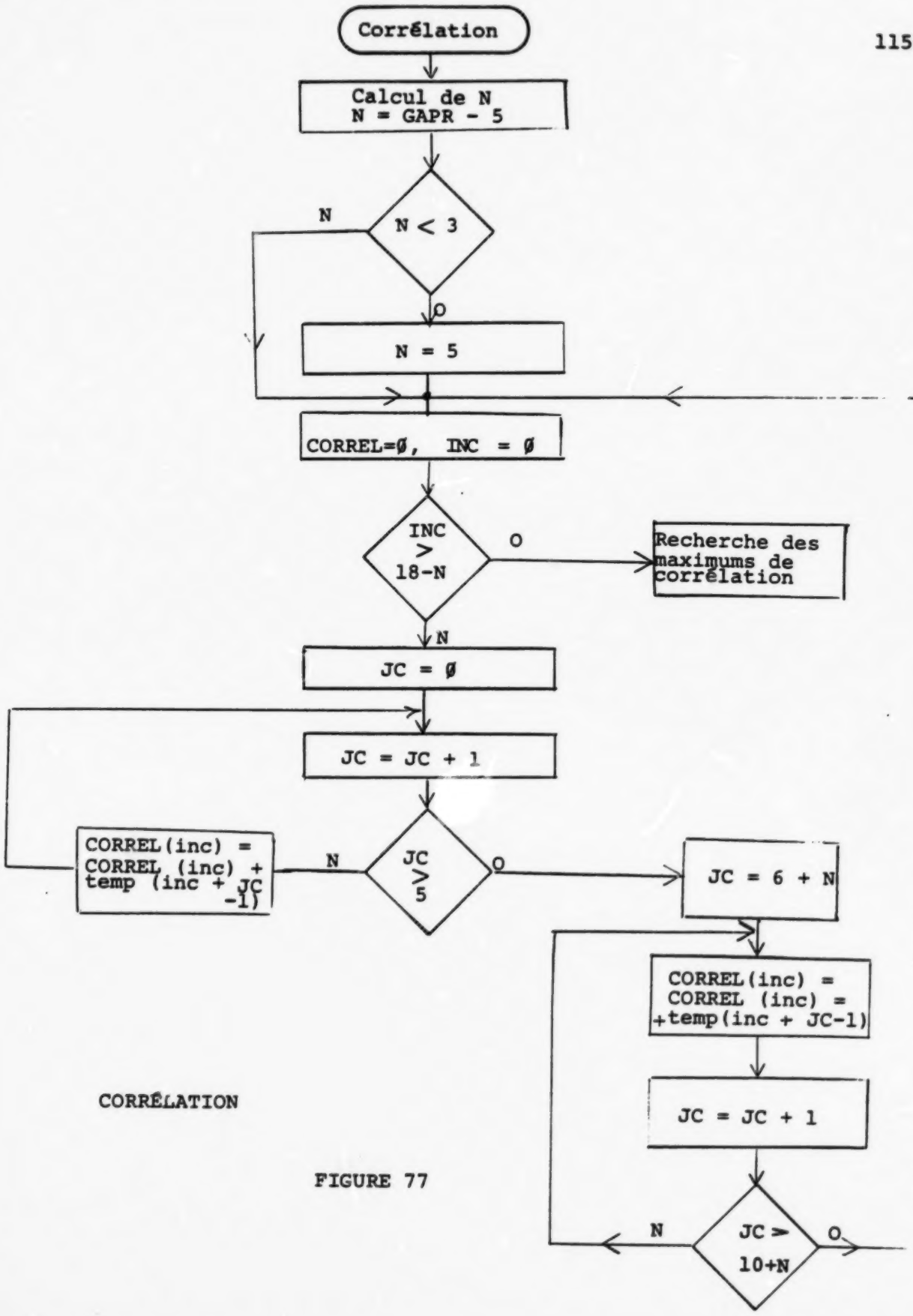
j: numéro des points entrant dans la sommation

j = 0 à 4 et 5 + n à 9 + n

si n = 5 alors j = 0 à 4 et 10 à 14.

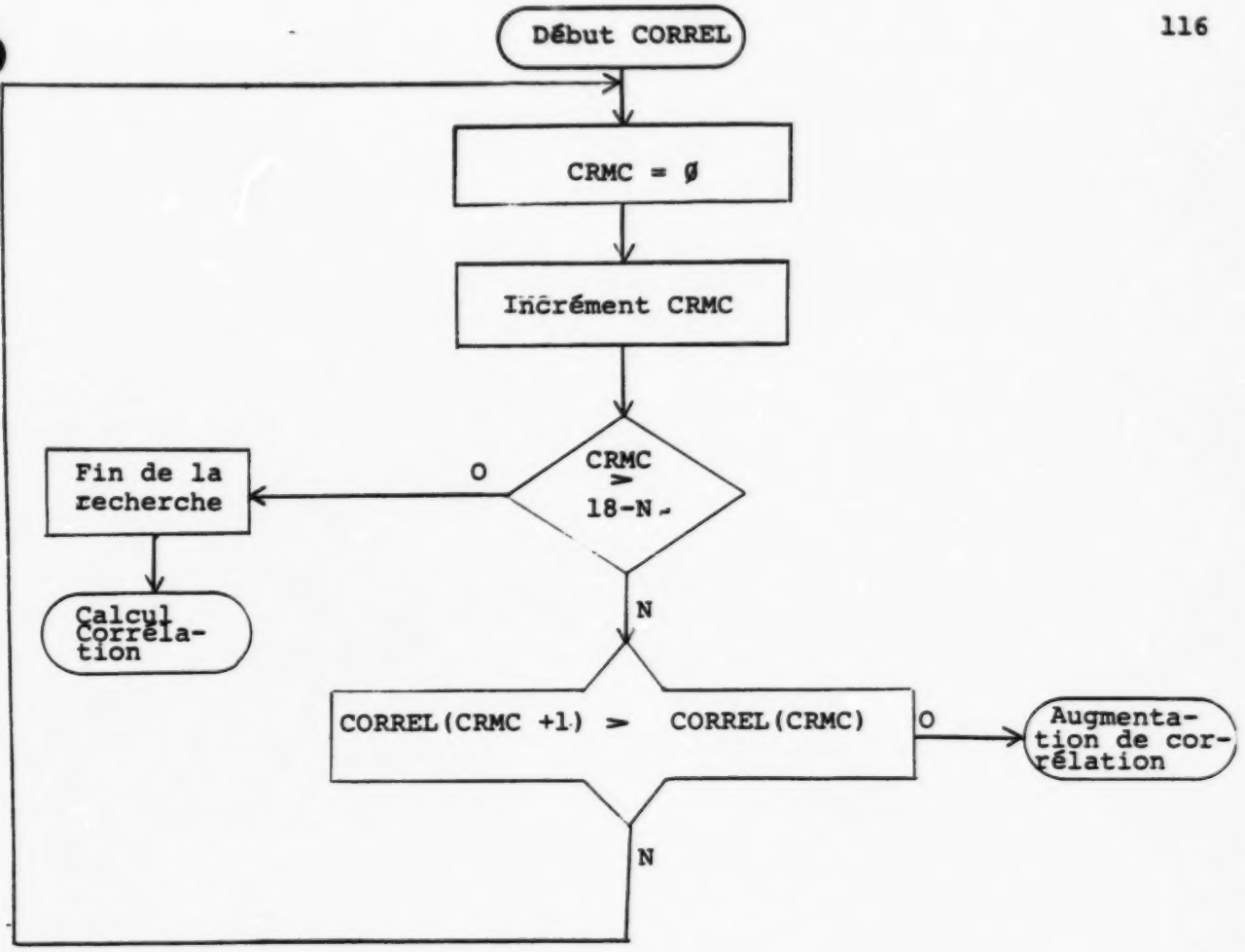
CORRÉLATION

FIGURE 76



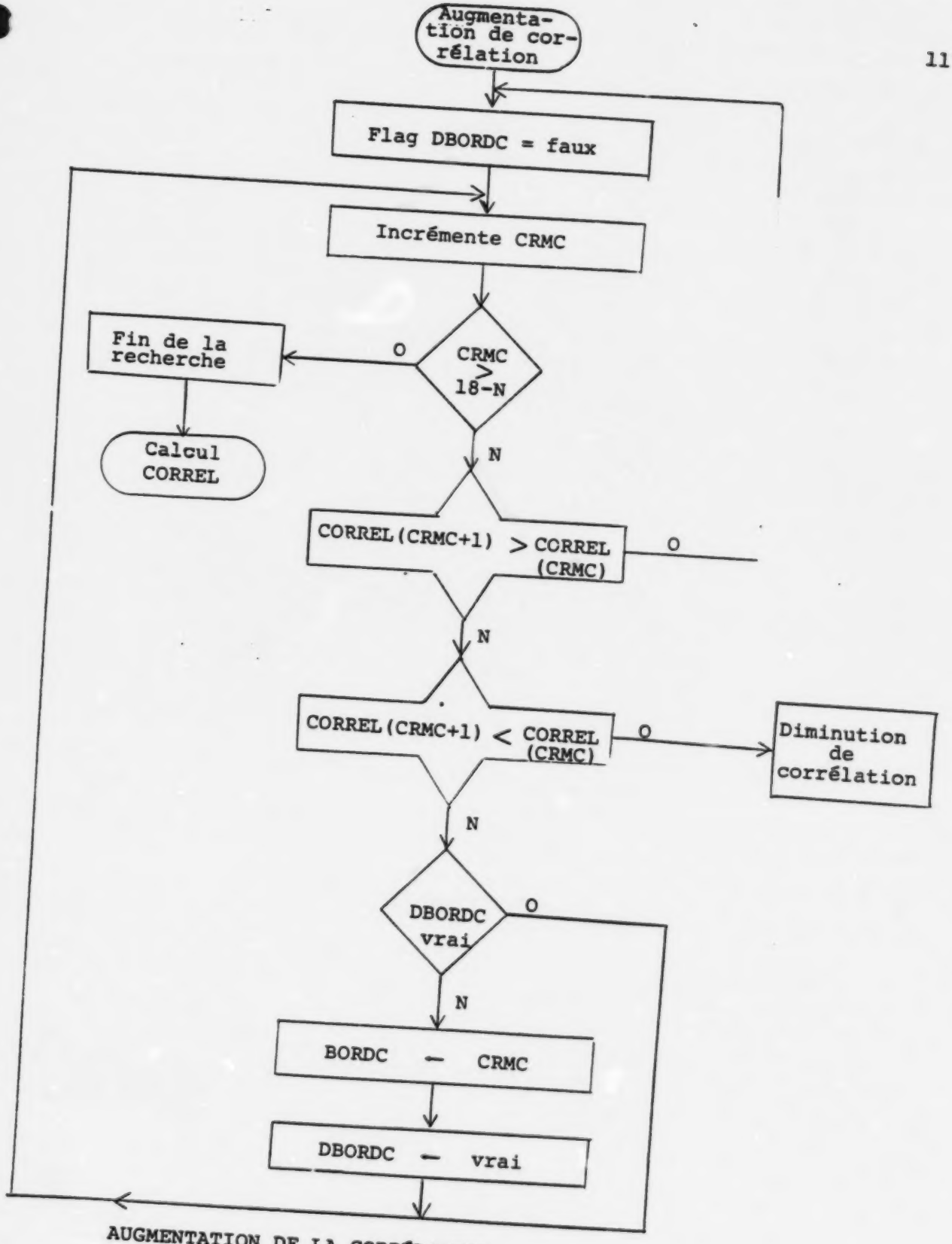
CORRÉLATION

FIGURE 77



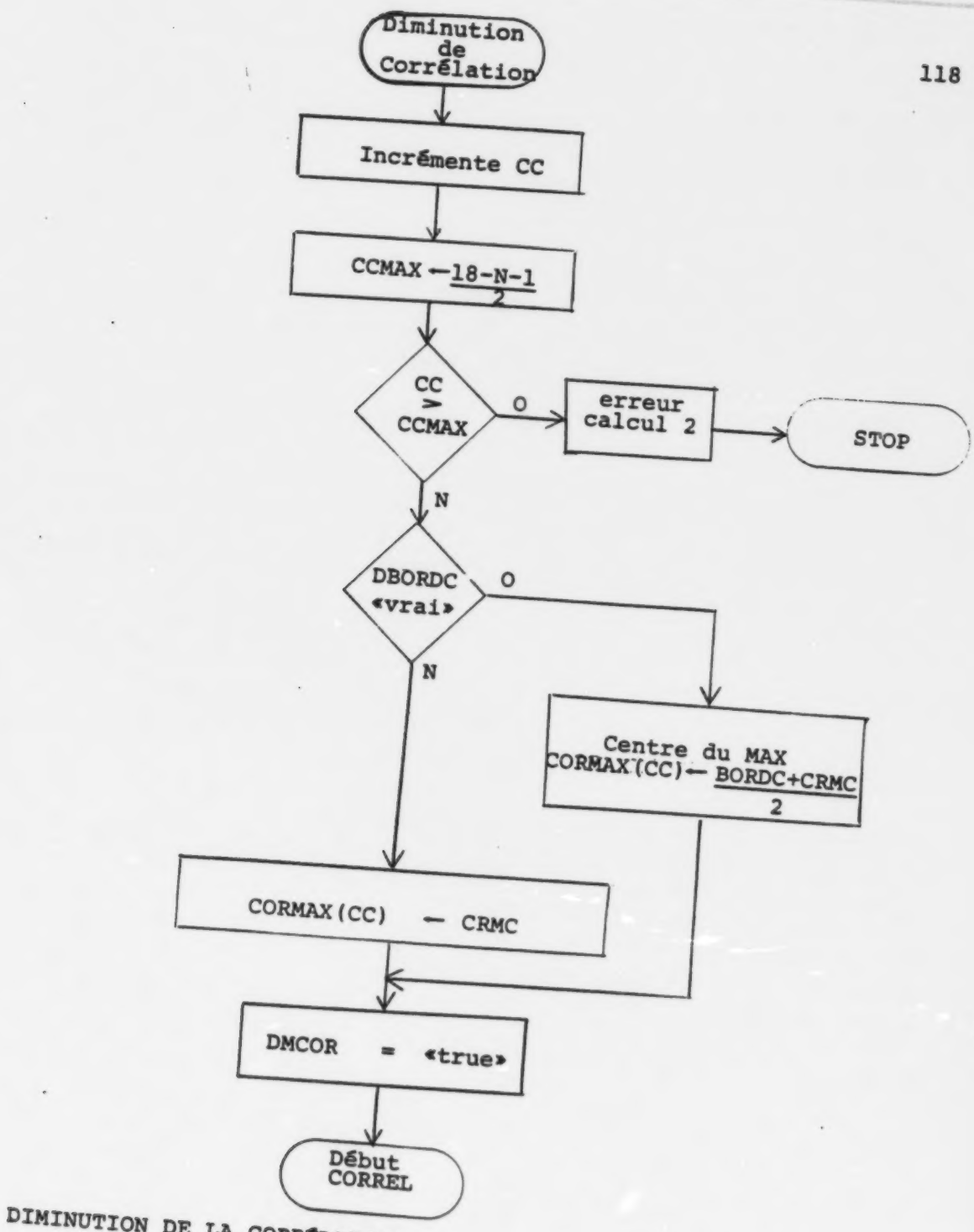
RECHERCHE DES MAXIMUMS DE CORRELATION

FIGURE 78



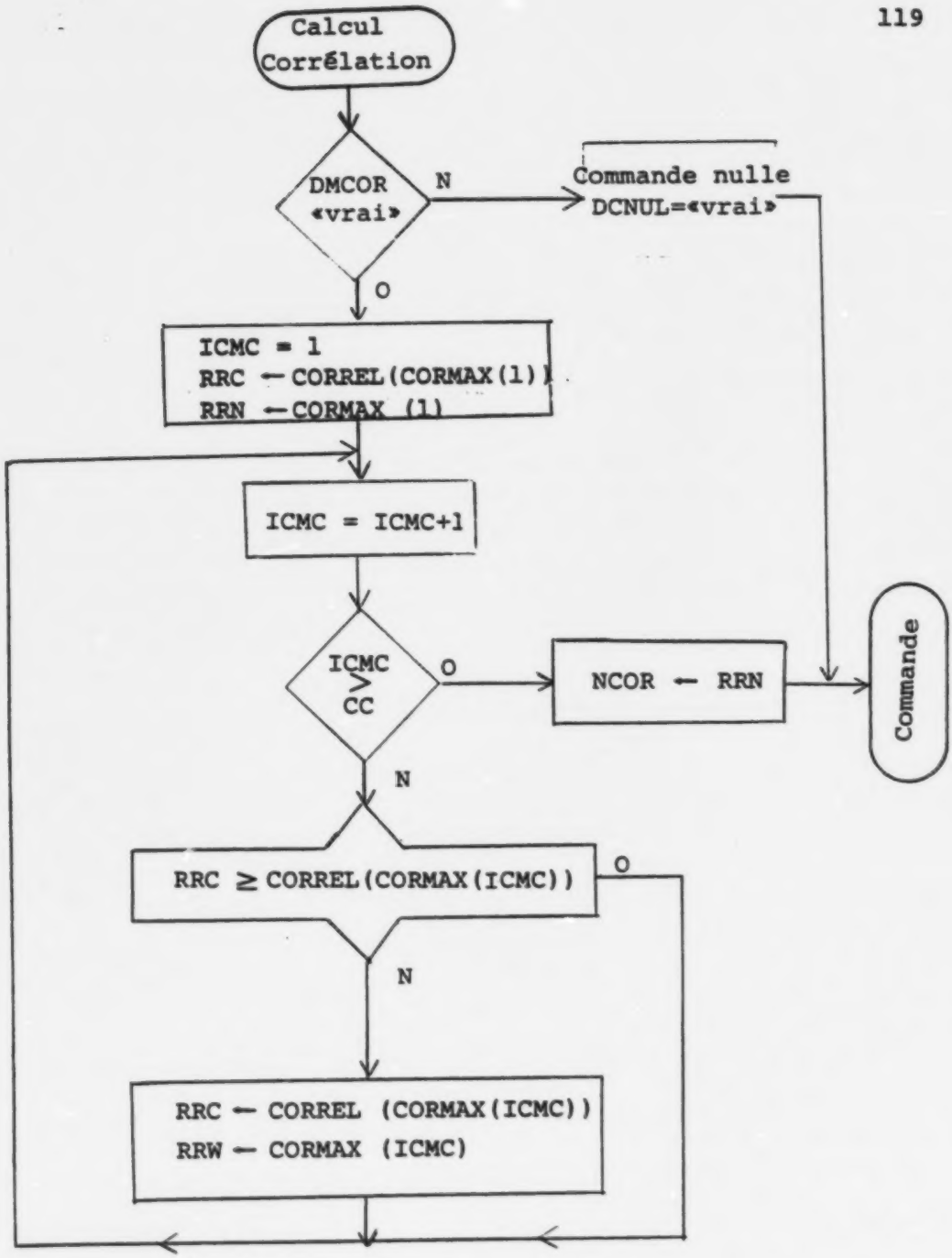
AUGMENTATION DE LA CORRÉLATION

FIGURE 79



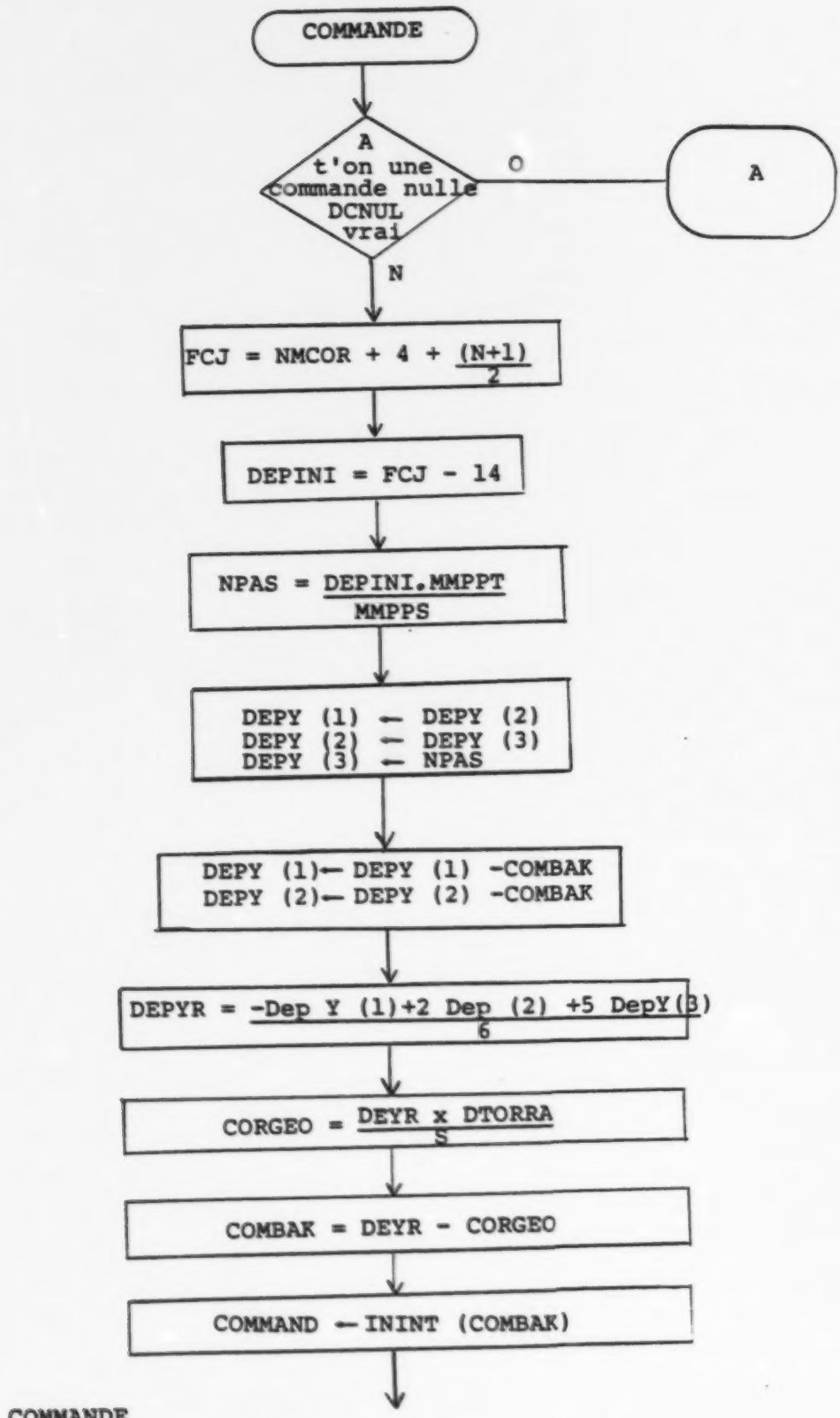
DIMINUTION DE LA CORRÉLATION

FIGURE 80



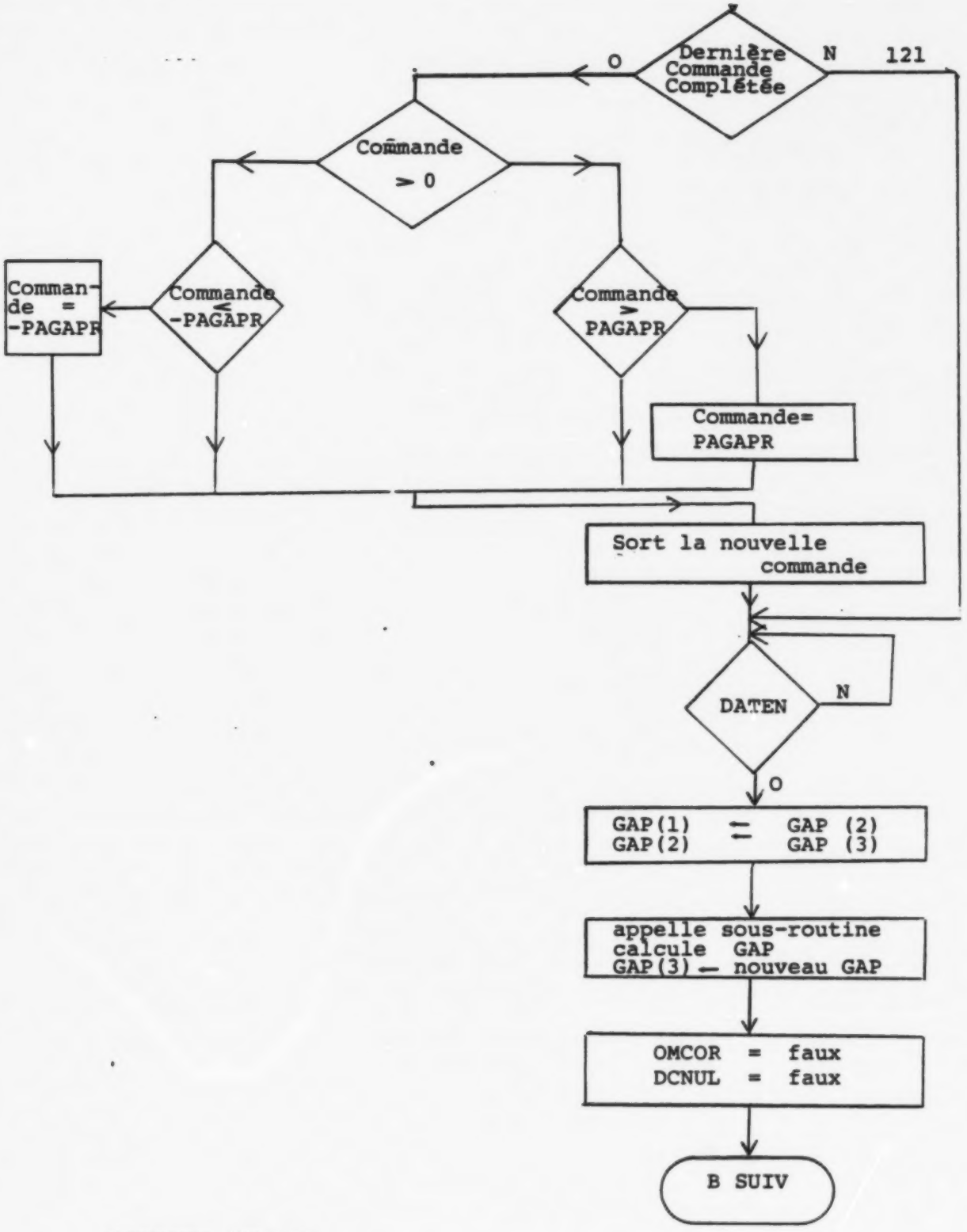
CALCUL DE LA CORRÉLATION

FIGURE 81



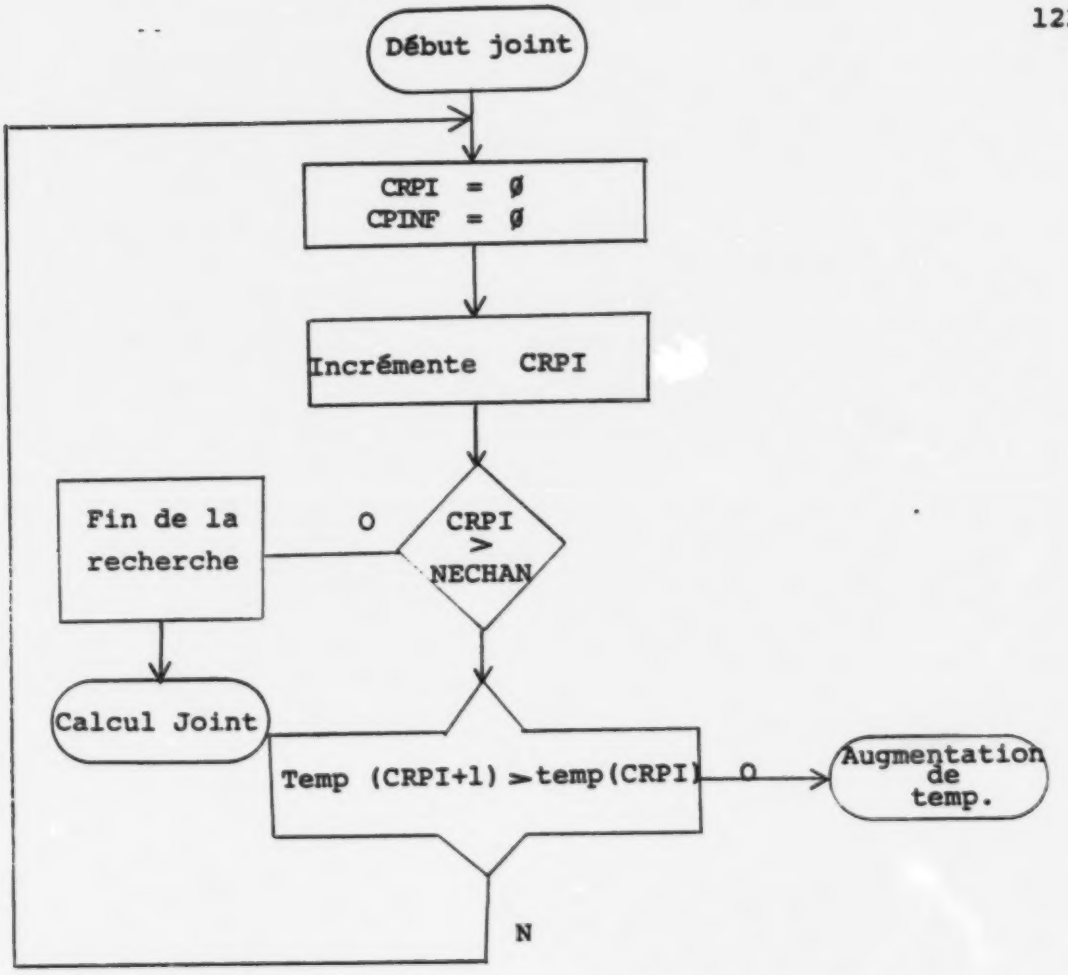
ÇOMMANDE

FIGURE 82



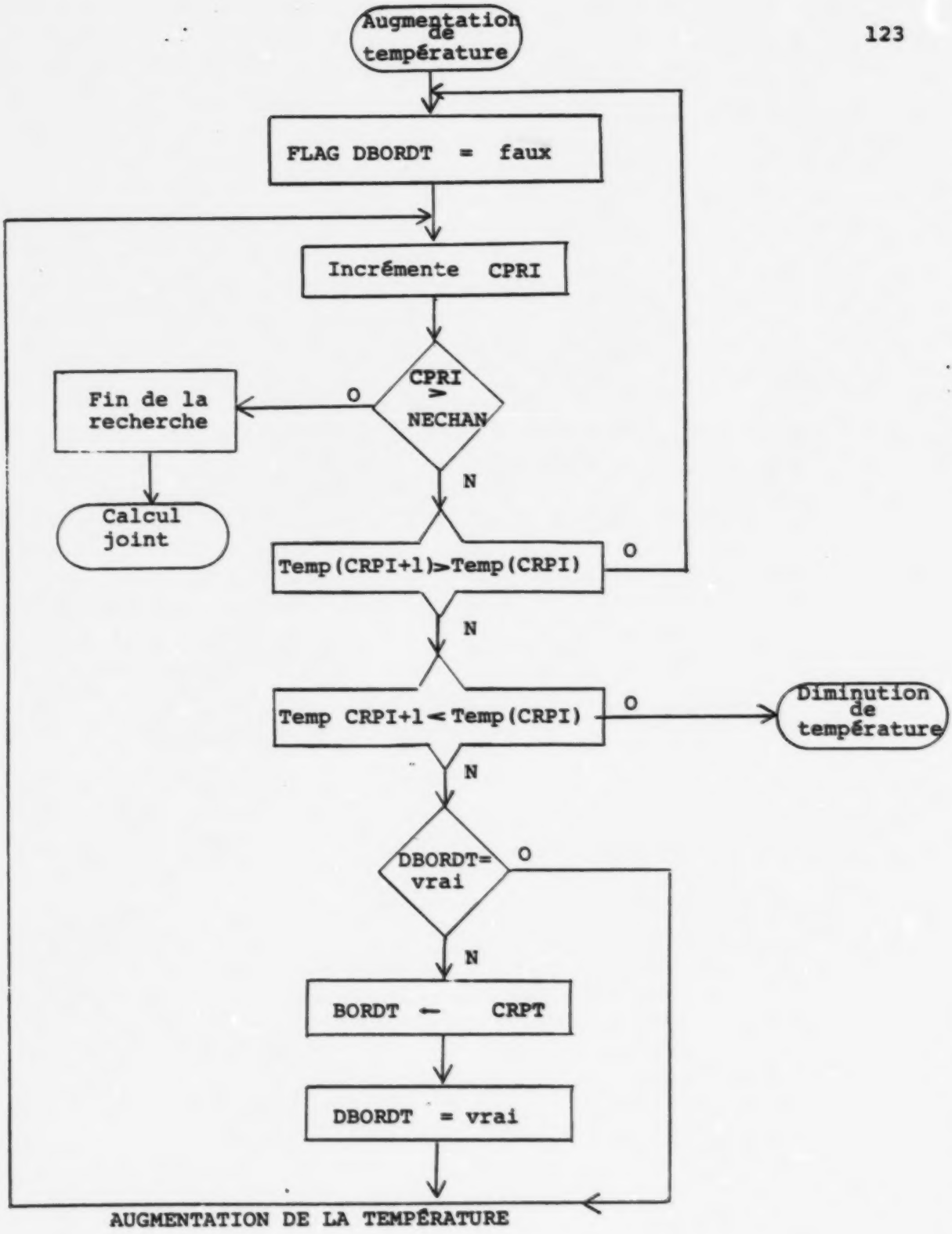
COMMANDE (SUITE)

FIGURE 83



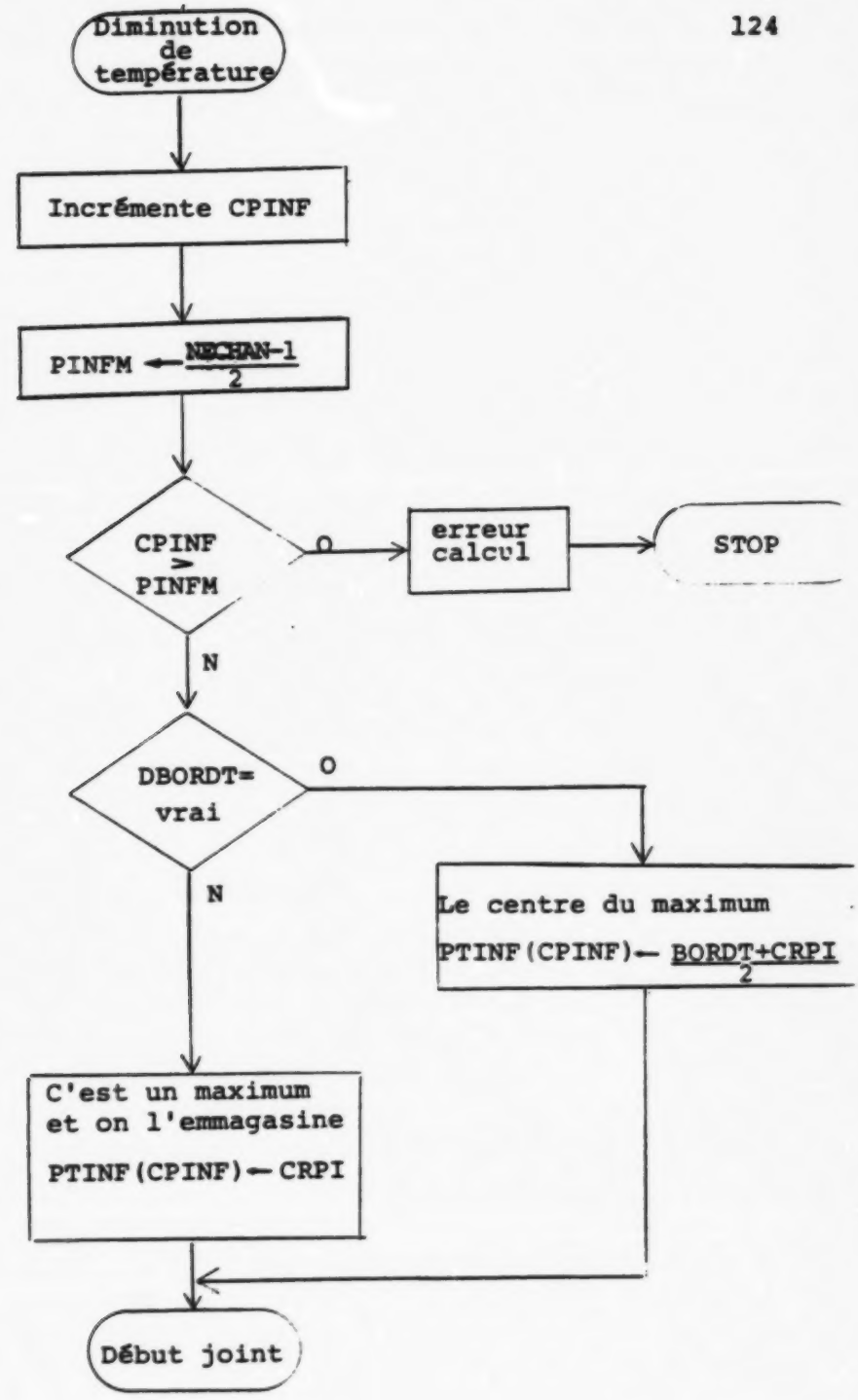
CALCUL DE LA LARGEUR DU JOINT

FIGURE 84



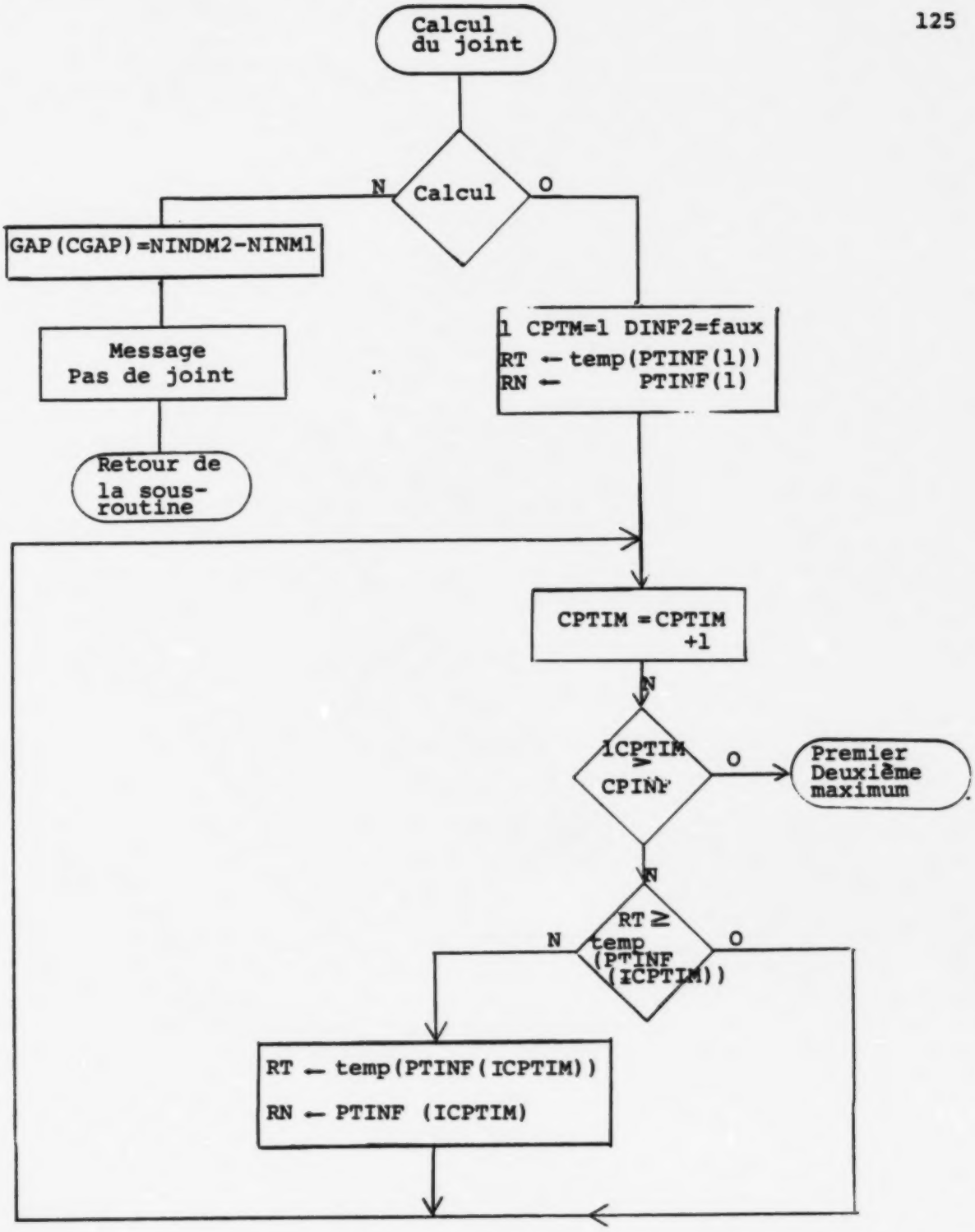
AUGMENTATION DE LA TEMPÉRATURE

FIGURE 85



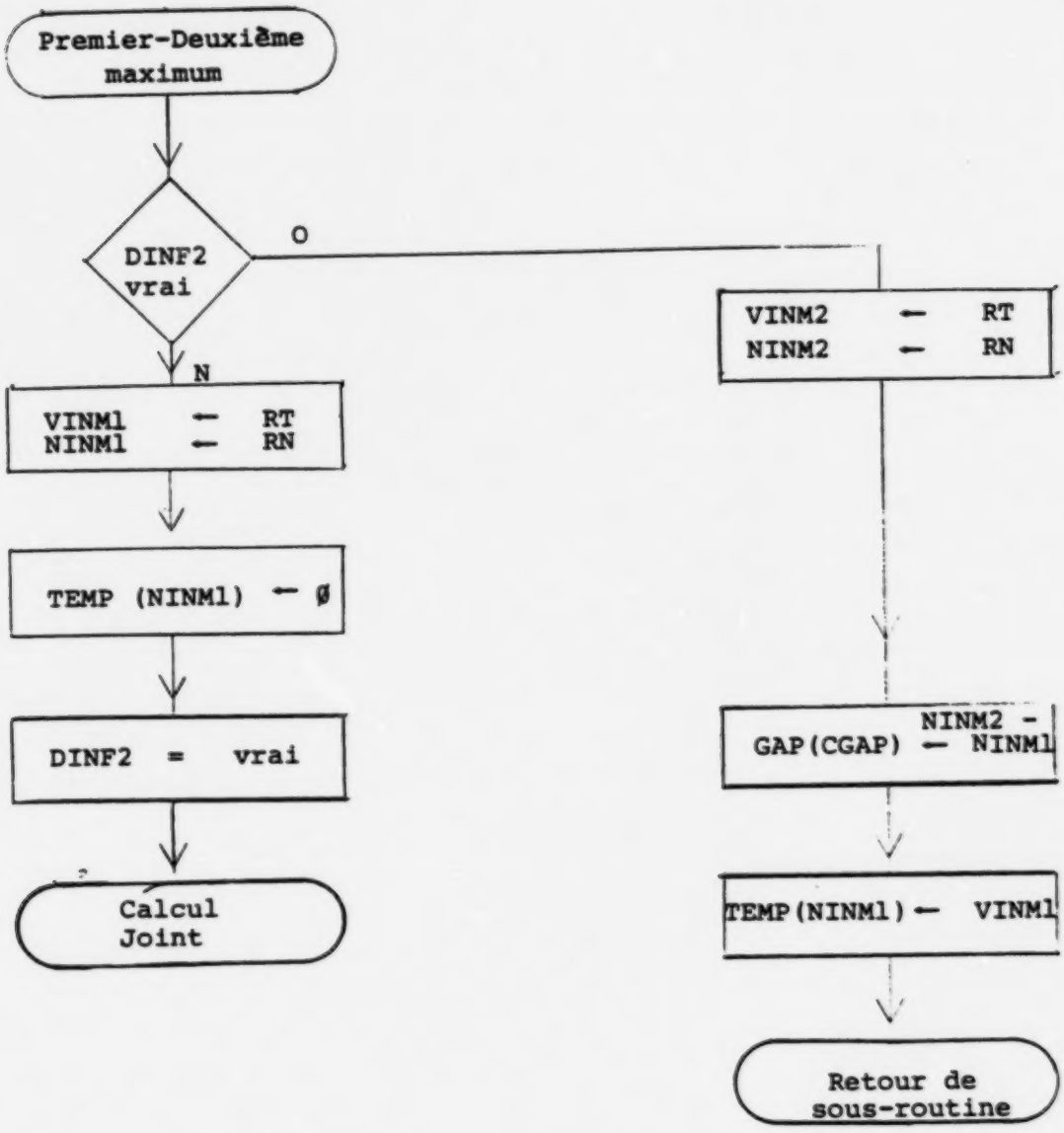
DIMINUTION DE TEMPERATURE

FIGURE 86



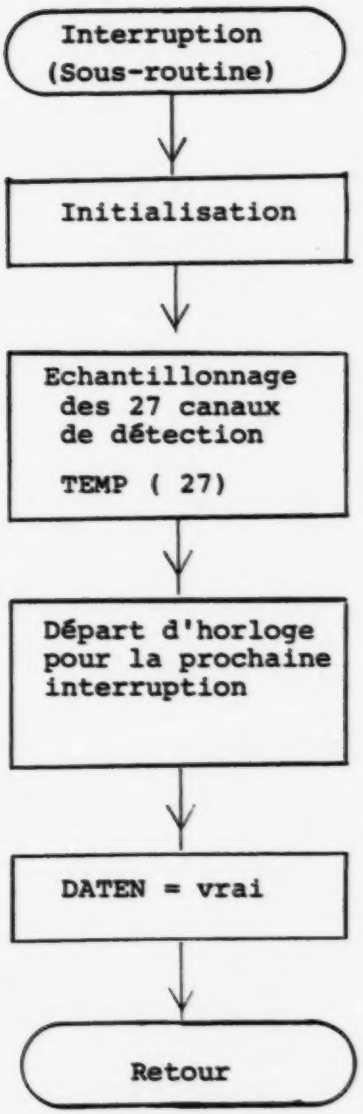
CALCUL DU JOINT

FIGURE 87



PREMIER-DEUXIÈME MAXIMUM

FIGURE 88



SOUS ROUTINE D'INTERRUPTION

FIGURE 89

C F B A I N : Compteur de cycles de l'horloge en temps réel nécessaires à la formation du bain

B A I N F O : Nombre de cycles maximums où le bain est formé

C G A P : Compteur de gap dans la section GAP (3) pour calculer la régression

G A P M A : Gap maximum signifiant que la table GAP (3) est pleine et que l'on peut commencer la corrélation

C R P I : Compteur pour la recherce des points d'inflexion (maximums seulement)

N E C H A N : Nombre d'échantillons maximum est de 27 fibres par exemple

D B O R D T : Drapeau indiquant que l'on a mémorisé un bord dans le profil de température, si la condition est vraie, on est donc sur un plateau

B O R D T : Localisation du bord du plateau de température

C P I N F : Compteur des points d'inflexion à maximums

DEFINITION DES VARIABLES (1)

TABLEAU

P T I N F : Vecteur contenant les points d'inflexion à maximums

P I N F M : Nombre maximum de points d'inflexion admissibles pour 27 fibres par ex.:

$$\frac{27 - 1}{2} = 13$$

R T : Registre contenant la valeur de la température mesurée aux points d'inflexion

R N : Registre contenant le numéro de la fibre localisée au point d'inflexion

I C P T I M : Indice de calcul des 2 plus grands points d'inflexion maximum de température

V I N M 1 : Valeur du point d'inflexion maximum no 1

N I N M 1 : Numéro de la fibre représentant ce point d'inflexion no 1

V I N M 2 : Valeur du point d'inflexion maximum no 2

N I N M 2 : Numéro de la fibre représentant ce point d'inflexion no 2

D I N F 2 : Drapeau indiquant que l'on recherche le 2 ième maximum d'inflexion

DEFINITION DES VARIABLES (2)

TABLEAU

D A T E N : Drapeau d'attente de la prochaine interruption

I N C : Indice du numéro de la corrélation inc = 1 à 18 - n

J C : Indice des points de la courbe à sommer pour le calcul de la corrélation
JC = 1 à 5 et 6 + n à 10 + n

C O R R E L : Tampon de 13 mots contenant les corrélations calculées

C R M C : Compteur pour la recherche des maximums de corrélation

D B O R D C : Drapeau indiquant que l'on a mémorisé un bord dans le profil de corrélation si la condition est vraie, on est donc sur un plateau

B O R D C : Localisation du bord du plateau

C C : Compteur de maximums de corrélation

C C M A X : Nombre maximum admissible de point maximum de la courbe de corrélation

C O R M A X : Vecteur entier contenant la localisation (l'adresse) des maximums de corrélation

DEFINITION DES VARIABLES (3)

TABLEAU

D M C O R : Drapeau indiquant qu'au moins un maximum de corrélation a été trouvé

I C M C : Indice de calcul du plus grand maximum de corrélation dans le tampon CORMAX

R R C : Registre contenant la valeur des maximums de corrélation et à la fin le plus grand maximum

R R N : Registre contenant l'adresse du plus grand maximum de corrélation du tampon CORMAX

N M C O R : Adresse du maximum de corrélation dans le tampon CORREL

F C J : Numéro de la fibre au centre du joint tel que calculé

D E P I N I : Déplacement initial calculé

D E P Y : Vecteur des déplacements Y

D E P Y R : Régression sur 3 points de DEPY

C O R G E O : Correction géométrique due à l'erreur causée par la différence entre le lieu du balayage et celui de la correction

DEFINITION DES VARIABLES (4)

TABLEAU

D T O R B A : Distance torche-balayage

S : Longueur de la régression ex: pour 3 points on a deux espaces S = 2 x vitesse x temps entre 2 balayages

C O M B A K : Commande qui fut donné lors de la dernière correction

N P A S : Nombre de pas exigé par le déplacement de la table Optikon pour couvrir l'erreur i. e. le déplacement initial

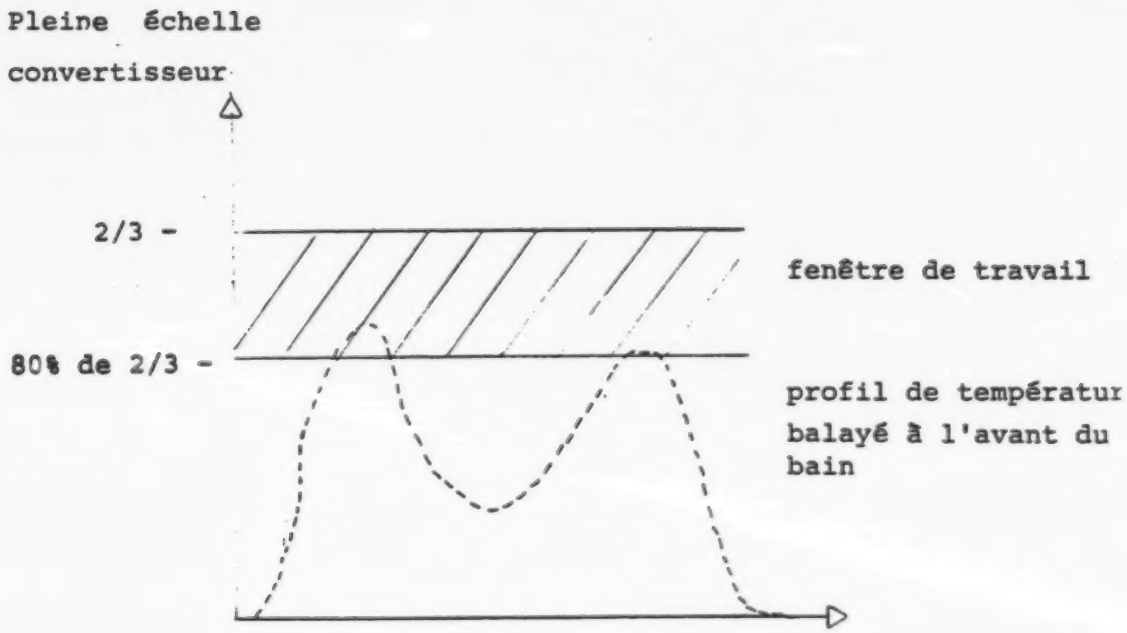
M M P P T : Distance entre 2 points focalisés sur la plaque

M M P P A S : Résolution de la table de translation Optikon = 0,1 mm

R G A P R : $\frac{GAPR \times MMPT}{MMPS}$ en notation réelle indiquant la largeur du joint en pas

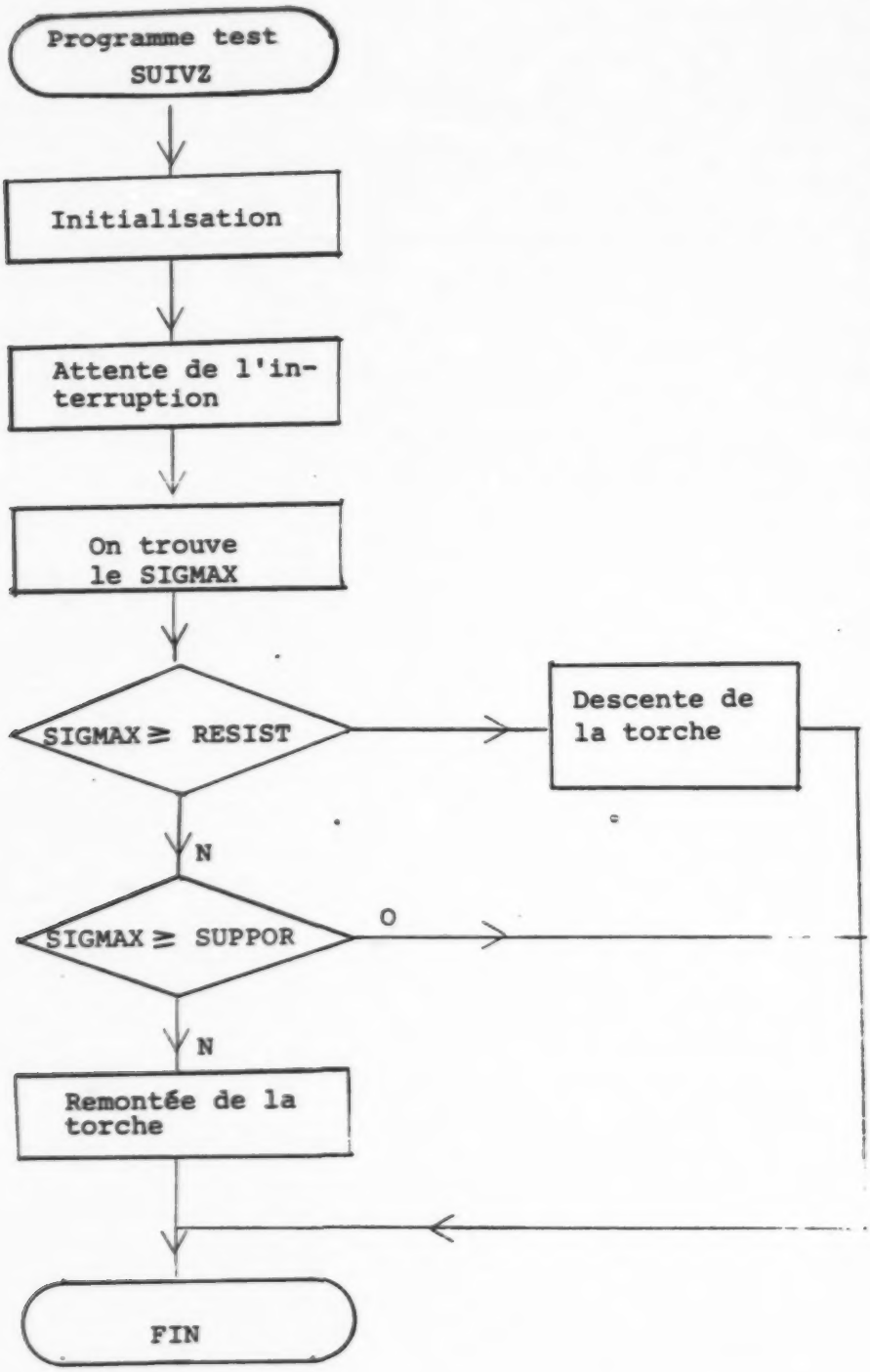
P A G A P R : Largeur du joint : unité = pas, notation = entier

DEFINITION DE VARIABLES (5)



FENÊTRE DE TRAVAIL POUR LE CONTRÔLE DE LA HAUTEUR DE LA TORCHE

FIGURE 90



PROGRAMME TEST S U I V Z

FIGURE 91

C S I G M A	:	Compteur de recherche pour le signal maximum
S I G M A X	:	Signal maximum parmi temp. (27)
R E S I S T	:	Limite supérieure de la fenêtre
S U P P O R	:	Limite inférieure de la fenêtre
B A S	:	Nombre de pas de la table de translation en descente (0.1 mm)
H A U T	:	Nombre de pas de la table de translation en montée (0.1 mm)

DÉFINITION DES VARIABLES

FIGURE 92

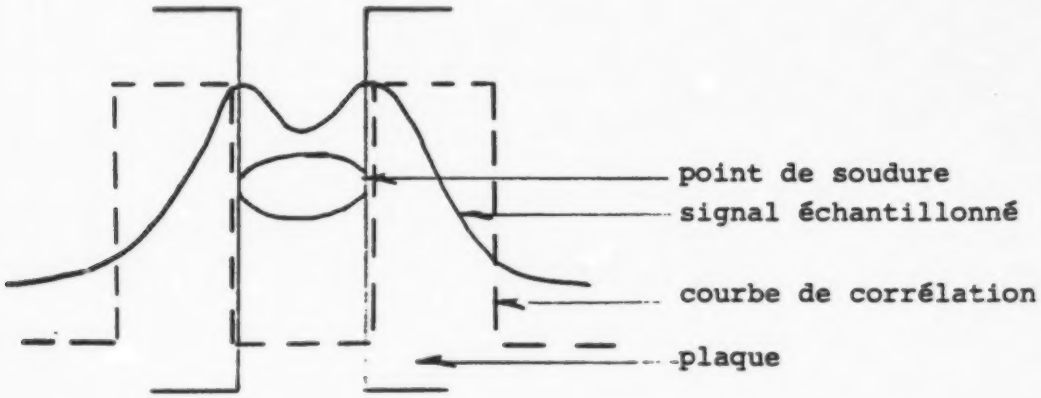


FIGURE 93 A : POINT DE SOUDURE UNIFORME
(Torche reste centrée dans le joint)

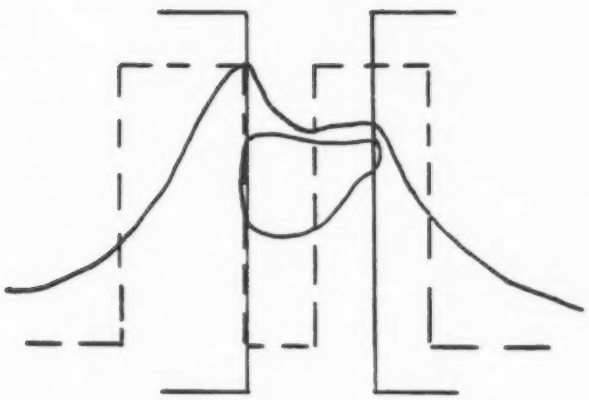


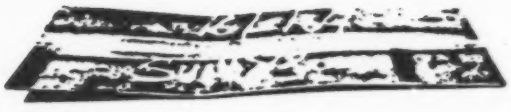
FIGURE 93 B : POINT DE SOUDURE NON-UNIFORME
(Torche sort du joint)

PLAQUE INCLINEE ET GAUCHE

FIGURE 94

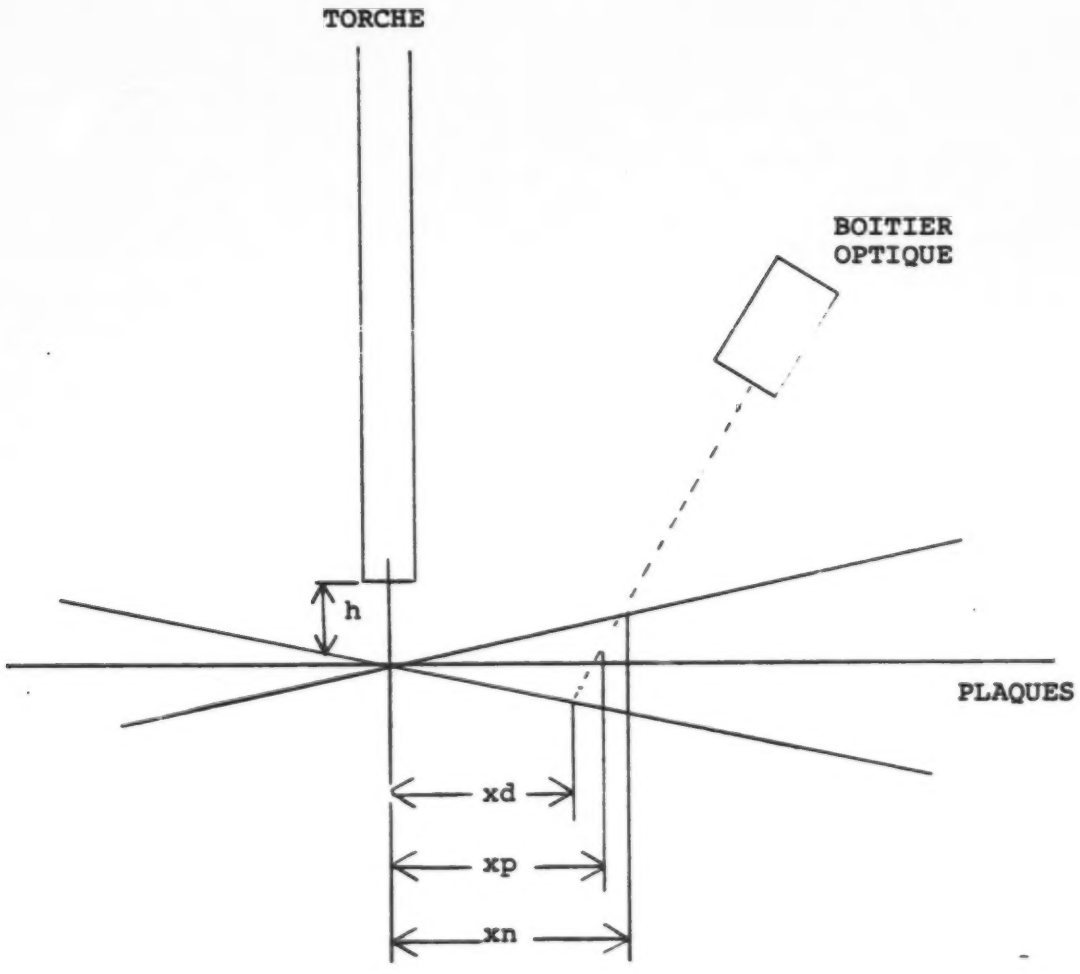
PLAQUE INCLINEE ET GAUCHE

FIGURE 95



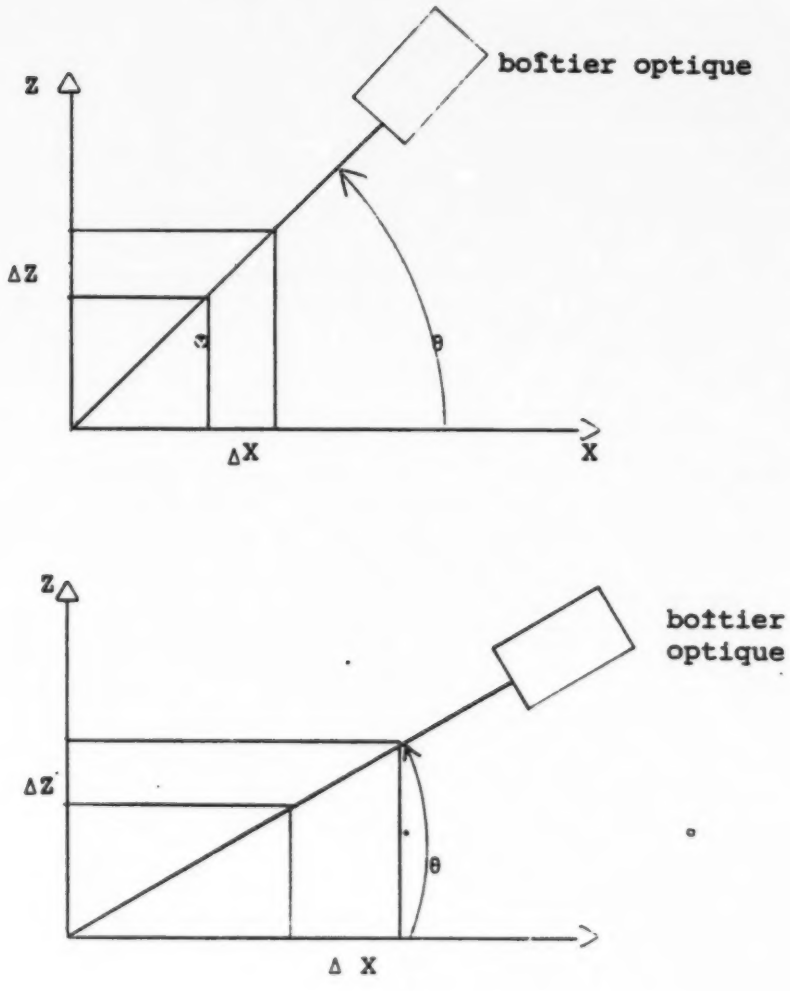
LIGNE DE FUSION SUR PLAQUE EN «S»

FIGURE 96



CONTRÔLE DE LA HAUTEUR DE LA TORCHE AVEC PENTE

FIGURE 97



ANGLE DE VISUALISATION DU BOITIER OPTIQUE

FIGURE 98